



PROVINCIA DI AGRIGENTO
COMUNE DI NARO



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.
COMUNE DI NARO (AG)
Località Testasecca



REGIONE SICILIA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, e di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo**

PROGETTO DEFINITIVO

PROCEDURA DI AUTORIZZAZIONE UNICA REGIONALE di cui all'art. 12 del D.lgs 387/2003 - Linee Guida Decr. MISE 10/09/2010
PROCEDURA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE PRESSO IL MITÈ
ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 152/2006 ricompreso nell'art. 31, comma 6 del D.Lgs. 77/21.

ELABORATO: Relazione e calcoli preliminari sulle strutture	codice identificativo	rev
	PD-A.7	0
denominazione elaborato		
PD-A.7		

scala

PROGETTAZIONE DELLE OPERE

<p>Progettista incaricato</p>  <p>SUNNERG Development s.r.l. Ing. Massimiliano ceconi SUNNERG DEVELOPMENT s.r.l. Via San Pietro all'Orto, 10 - 20121 (MI) P.IVA 11085630967 PEC sunnergdevelopment@legalmail.it</p> <p>Amministratore Unico <i>[Signature]</i></p>		<p>Consulenza Geologica</p>  <p>GEOINGEGNERIA S.E.T. srls Via Marconi n.127 91014 Castellammare del Golfo (TP) P.IVA 0280600812 Dott. Geol. Antonino Cacioppo <i>[Signature]</i></p>	
<p>Consulenza Progettazione civile e inserimento ambientale</p> <p>Ing. Vincenzo Agosta <i>[Signature]</i></p> 	<p>Consulenza Agronomica</p> <p>Dott. Agr. Mazzara Vito <i>[Signature]</i></p> 	<p>Consulenza Progettazione elettrica</p> <p>A176 LAB Think different project</p> <p>A176LAB srl Via Dante Alighieri n.97 91011 Alcamo (TP) P.IVA 02812750814 Ing. Giovanni Gabellone <i>[Signature]</i></p> 	

COMMITTENTE

	<p>SMARTENERGYIT2109 S.R.L.</p> <p>Piazza Cavour, 1 - 20129 Milano P.IVA: 11813950968, REA MI - 2626137 PEC: smartenergyit2109srl@legalmail.it</p>	firma/timbro committente
--	---	--------------------------

Nome file/documento:						COD.DOCUMENTO FOGLIO	
0	09/11/2022	PRIMA EMISSIONE	V. AGOSTA	G. GABELLONE	G. GABELLONE	1	DI 1
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	APPROVATO	AUTORIZZATO		

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	1

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE	6
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	12
5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO.....	14
6. CARICHI AGENTI.....	17
6.1. CARICO DOVUTO ALLA NEVE.....	17
6.2. AZIONE SISMICA	18
6.3. AZIONE DEL VENTO	19
7. RELAZIONE SUI MATERIALI	24
7.1. GENERALITÀ	24
7.2. CLASSIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO	25
7.3. CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	25
7.4. CLASSI DI RESISTENZA	27
7.5. CONSISTENZA.....	29
7.6. SPECIFICHE PER LA PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO	31
<i>Acqua d'impasto</i>	31
<i>Cemento</i>	31
<i>Aggregati</i>	32
<i>Additivi</i>	33
7.7. COPRIFERRO E DIMENSIONE DEGLI INERTI.....	33
7.8. MODALITÀ DI MESSA IN OPERA E DISARMO	33
7.9. CALCESTRUZZO NON STRUTTURALE.....	34
7.10. PRESCRIZIONI SULLE TIPOLOGIE DI ACCIAIO.....	34
7.11. ACCIAIO STRUTTURALE.....	35
8. CRITERI DI CALCOLO DELLE STRUTTURE.....	37
8.1. CRITERI USATI PER LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	37
8.2. COMBINAZIONI DI CALCOLO	38
8.1. ANALISI SISMICA DINAMICA.....	39
8.2. VERIFICHE	39
8.3. SISTEMI DI RIFERIMENTO	42
8.4. UNITÀ DI MISURA	43
8.5. CONVENZIONE SUI SEGNI.....	43
9. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	44
9.1. AFFIDABILITÀ ¹ DEI CODICI UTILIZZATI	44
9.2. VALIDAZIONE DEI CODICI	44
9.3. INFORMAZIONI SULL'ELABORAZIONE.....	44
9.4. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ ¹	45
9.5. PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO	46

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	2

9.6.	DURABILITÀ	46
10.	TABULATI DI CALCOLO	47
10.1.	SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA INPUT	47
10.2.	SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA MATERIALI	47
10.3.	SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA ASTE	49
10.4.	SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA COORDINATE NODI	52
10.5.	SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA SHELL SPAZIALI	52
10.6.	SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA CARICHI	54
10.7.	SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA OUTPUT	56
10.8.	SPECIFICHE CAMPI TABELLE DI STAMPA SHELL	57
10.9.	PIASTRA DI FONDAZIONE CABINE	61
10.9.1	<i>Tabulato di INPUT</i>	61
10.9.2	<i>Tabulato di OUTPUT</i>	64
11.	FONDAZIONI DI TIPO INDIRETTO: VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI TIPO GEOTECNICO	67
11.1.	PREMESSA	67
11.2.	GENERALITÀ	67
11.3.	CARICO LIMITE DEI PALI AD ELICA SOGGETTI A COMPRESSIONE	68
11.4.	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SOGGETTI A TRAZIONE	71
12.	FONDAZIONI DI TIPO DIRETTO: VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI TIPO GEOTECNICO	72
12.1.	VERIFICHE GEOTECNICHE DELLE FONDAZIONI DIRETTE	72
12.2.	VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONE PIASTRA	77

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	3

1. PREMESSA

La società SMARTENERGYIT2109 S.R.L. ha avviato un progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile del tipo fotovoltaico, su un sito ricadente nel territorio dei Comune di Naro (AG), nonché delle relative opere di connessione alla rete di media tensione, ricadenti nei comuni di Naro (AG) e Canicattì (AG).

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra su strutture ad inseguimento monoassiale (trackers), articolato in due lotti di terreno limitrofi, per una potenza complessiva di 11,67 MW, suddiviso in più campi collegati fra loro attraverso una rete di distribuzione interna in media tensione.

Presso l'impianto verranno realizzate le cabine di campo e la cabina principale di impianto, dalla quale si dipartono le linee di collegamento di media tensione interrate verso il punto di consegna, ubicato al margine dell'area di impianto, sulla strada Vicinale Carbuscia Cataliello, nei pressi dell'ingresso principale.

L'iniziativa si inserisce nel quadro istituzionale identificato dall'art.12 del D.Lgs. n. 387 del 29 dicembre 2003 che da direttive per la promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità. L'iniziativa si inquadra pertanto nel piano di realizzazione di impianti per la produzione di energia fotovoltaica che la società intende realizzare nella Regione Sicilia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze di energia pulita e sviluppo sostenibile sancite dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997 e dal Libro Bianco italiano scaturito dalla Conferenza Nazionale Energia e Ambiente del 1998, e rientra pienamente nelle linee di sviluppo nazionali previste dalla Strategia Elettrica Nazionale 2030 (SEN 2030), fra i cui obiettivi è previsto il raggiungimento entro il 2030 del 28% di rinnovabili sui consumi complessivi, ed in particolare il passaggio delle rinnovabili elettriche al 55% al 2030 rispetto al 33,5% del 2015.

Le fonti energetiche rinnovabili possono inoltre contribuire a migliorare il tenore di vita e il reddito nelle regioni meno favorite, periferiche insulari, favorendo lo sviluppo interno, contribuendo alla creazione di posti di lavoro locali permanenti, con l'obiettivo di conseguire una maggiore coesione economica e sociale.

In tale contesto nazionale ed internazionale lo sfruttamento dell'energia del sole costituisce una valida risposta alle esigenze economiche ed ambientali sopra esposte.

L'energia fotovoltaica presenta molteplici aspetti favorevoli:

1. *il sole è una risorsa gratuita ed inesauribile,*
2. *non comporta emissioni inquinanti, per cui risponde all'esigenza di rispettare gli impegni internazionali ed evitare le sanzioni relative;*

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	4

3. *permette una diversificazione delle fonti energetiche e riduzione del deficit elettrico;*

4. *consente la delocalizzazione della produzione di energia elettrica.*

In questa ottica ed in ragione delle motivazioni sopra esposte si colloca e trova giustificazione il progetto dell'impianto fotovoltaico, oggetto della presente relazione.

La tipologia di opera prevista rientra nella categoria "impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda" citata nell'All. IV lettera c) del D.Lgs 152/2006 aggiornato con il recente D.Lgs 4/2008 vigente dal 13 febbraio 2008.

L'impianto di produzione fotovoltaico sarà collegato alla rete di trasmissione dell'energia elettrica del distributore in media tensione, con cabina di consegna in MT e propria cabina di trasformazione dell'energia prodotta.

L'impianto in progetto, sfruttando le fonti rinnovabili, consente di produrre un significativo quantitativo di energia elettrica senza emissione di sostanze inquinanti e senza alcun inquinamento acustico.

Nella presente relazione di calcolo verrà riportato il calcolo e la verifica strutturale, nonché la verifica geotecnica delle fondazioni, delle seguenti opere:

- Verifica geotecnica delle opere di fondazione indirette delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici;
- Piastra di fondazione delle seguenti cabine prefabbricate:
 - Cabine Power Station;
 - Cabine di consegna P67;
 - Cabina utente P87;
 - Cabina MTR;
 - Cabina Control Room.

Le caratteristiche geologiche dei terreni sono state desunte dallo studio geologico redatto dal Dott. Geol. Antonino Cacioppo allegato al presente progetto.

Non saranno oggetto di calcolo e di verifica le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici i cui calcoli saranno forniti dalla ditta fornitrice delle strutture stesse.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	5

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo sono le “Norme Tecniche per le Costruzioni”, D.M. 17/01/2018.

Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.

Si farà inoltre riferimento alle seguenti norme:

Legge n. 1086 del 05/11/1971 “Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso, ed a struttura metallica”;

Legge n. 64 del 02/02/1974 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.

Eurocodice 3 “*Progettazione delle strutture in acciaio*” Parte 1-1: *Regole generali e regole e per gli edifici*

Eurocodice 8 “*Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture*”.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	6

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nel presente capitolo si riporta una breve descrizione delle opere oggetto di calcolo.

Strutture di sostegno

Le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici saranno dei tracker monoassiali con inseguimento Est-Ovest, realizzate con un ordito di profili in acciaio inox a loro volta fissate al terreno mediante pali di fondazione ad elica di profondità pari a 3,00 m.

Le strutture di sostegno saranno di tre tipologie in funzione del numero di moduli posti al di sopra:

- 26 moduli;
- 52 moduli;
- 78 moduli.

La struttura degli inseguitori monoassiali è costituita da un numero variabile di campate a seconda del numero di moduli, ma indipendentemente dalla tipologia, la larghezza delle strutture sarà sempre pari alla lunghezza del singolo modulo ovvero 2,278 m mentre le lunghezze saranno variabili

- 26 moduli L = 30,178 m;
- 52 moduli L = 59,718 m;
- 78 moduli L = 89,342 m.

Grazie al rotore monoassiale la struttura è in grado di ruotare intorno ad un asse orizzontale posto ad una altezza pari a 1,470 m fuori terra, con un angolo di rotazione di +/- 55°, sfruttando così al meglio l'assorbimento dell'energia solare.

Nelle immagini seguenti si riportano alcune immagini delle strutture in progetto con le caratteristiche dimensionali.



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

PD-A.07

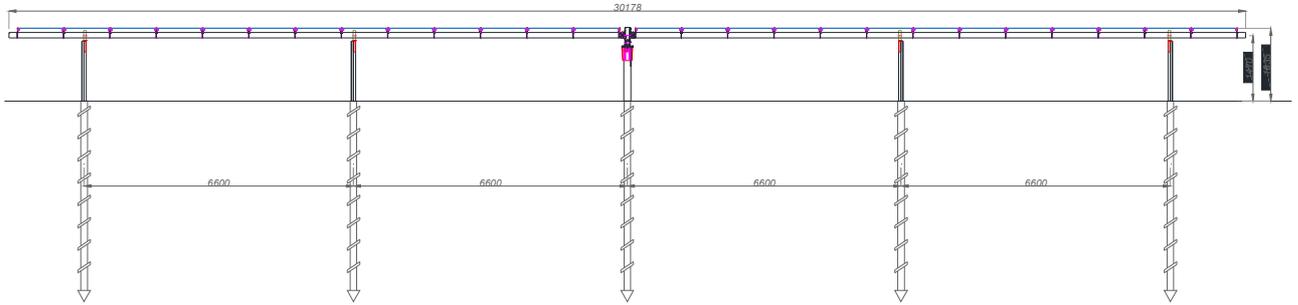
TITOLO ELABORATO

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

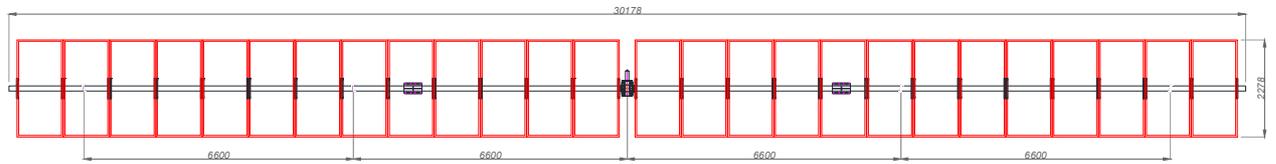
PAGINA

7

Vista frontale

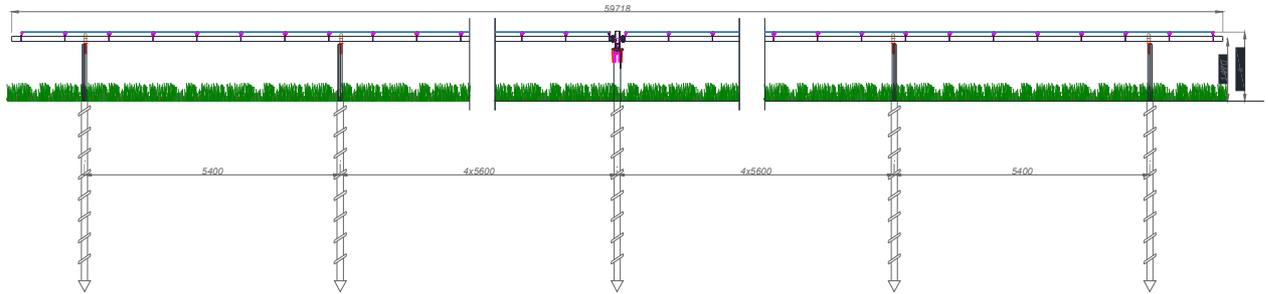


Pianta

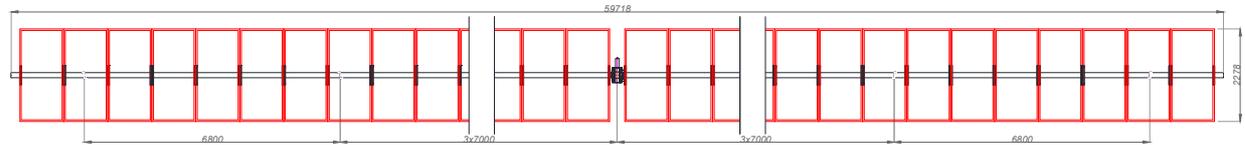


Struttura con 26 moduli

Vista frontale

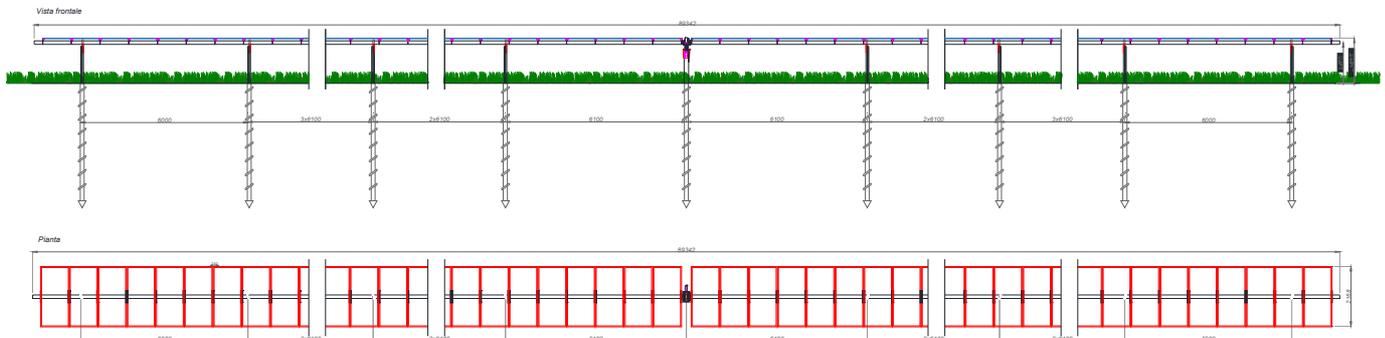


Pianta



Struttura con 52 moduli

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	8

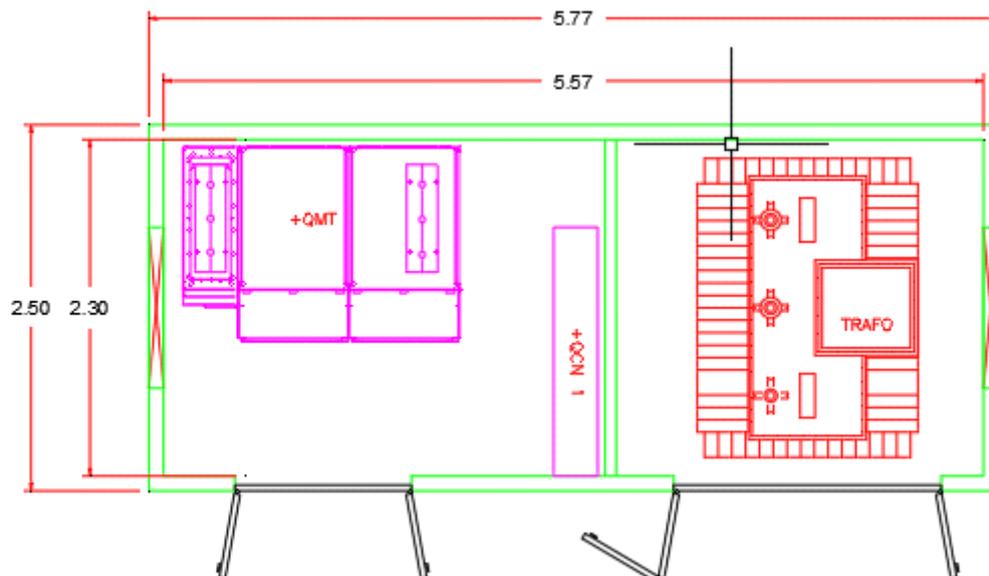


Struttura con 78 moduli

Cabine prefabbricate

Per quanto attiene i manufatti prefabbricati (cabine), essi saranno alloggiati su piastre in c.a. e di opportuno spessore (vedi calcoli riportati di seguito). A vantaggio di sicurezza, il dimensionamento verrà effettuato per la cabina che presenta il maggior carico trasmesso al suolo e il risultato, in termini di spessore e armatura, sarà esteso anche alle altre piastre meno sollecitate.

Cabine di consegna del tipo prefabbricato P67



 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	9

Lunghezza 5,77 m

Larghezza 2,50 m

Peso a vuoto compreso vasca passacavi 22000 kg

Sovraccarico Impianti 6000 kg

CARICO PERMANENTE DISTRIBUITO TOTALE = 1941,07 kg/m²

Cabina utente del tipo prefabbricato P87



Lunghezza 8,70 m

Larghezza 2,50 m

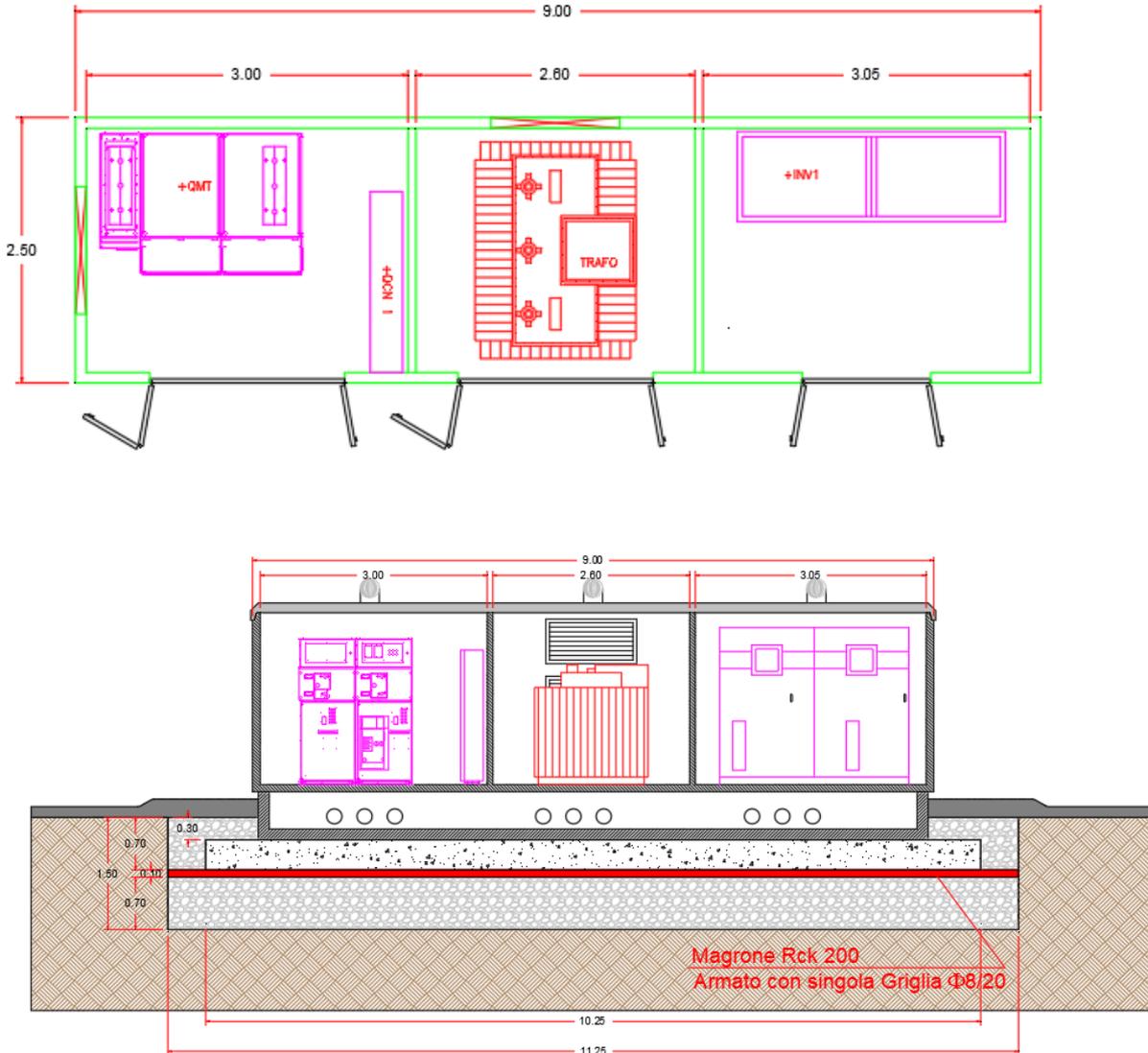
Peso a vuoto compreso vasca passacavi 28000 kg

Sovraccarico Impianti 6000 kg

CARICO PERMANENTE DISTRIBUITO TOTALE = 1563,22 kg/m²

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo	
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture
		PAGINA
		10

Cabine di campo Power Station



Lunghezza 9,00 m

Larghezza 2,50 m

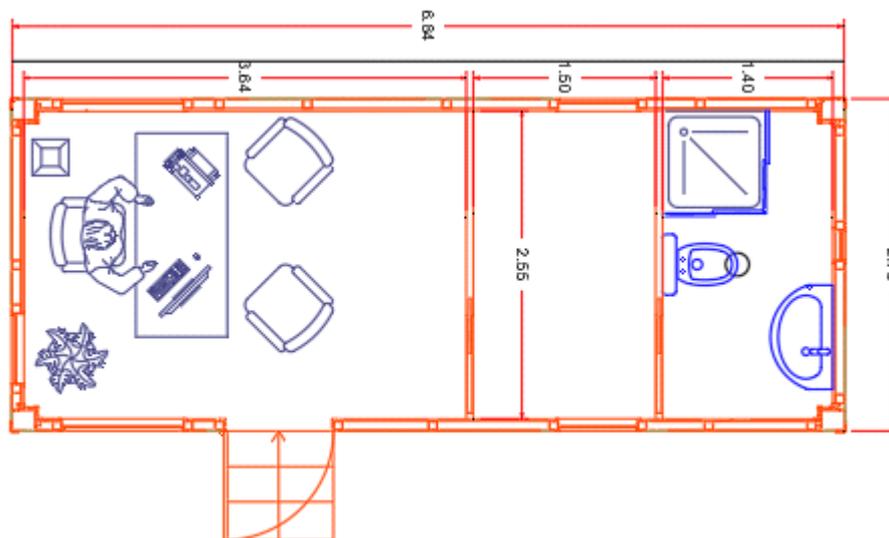
Peso a vuoto compreso vasca passacavi 20000 kg

Sovraccarico Impianti 5500 kg

CARICO PERMANENTE DISTRIBUITO TOTALE = 1133,33 kg/m²

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	11

Cabina Control Room



Lunghezza 6,84 m

Larghezza 2,75 m

Peso cabina 17200 kg

Sovraccarico 3800 kg

CARICO PERMANENTE DISTRIBUITO TOTALE = 1116,43 kg/m²

Sulla scorta di quanto sopra riportato, il valore massimo del carico trasmesso al terreno si evidenzia nel caso della tipologia di cabine P67 con un valore di tensione pari a 1941,07 kg/m². Nel proseguo si riporta il dimensionamento strutturale e la verifica geotecnica di una piastra di fondazione soggetta ad un carico pari a 2000 kg/m².

La piastra di base di ciascuna presenterà uno spessore pari a 40 cm e sarà armata con una rete metallica doppia e simmetrica formata da ferri $\phi 14/30$.

La piastra verrà, inoltre, posta su un letto di posa realizzato con un magrone in calcestruzzo Rck 200 spesso 10 cm armato con singola maglia di rete elettrosaldada $\phi 8/20$.

Sopra la piastra di fondazione saranno poste le vasche in c.a. passacavi aventi un'altezza lorda di 65 cm, e su queste saranno posate le cabine. Il vuoto rimanente ai lati tra lo scavo eseguito e la piastra sarà riempito sempre con pietrame arido di cava con pezzatura media e fine e sovrastante strado di materiale arido inerte di pezzatura fine.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	12

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

In base al D.M. 17/01/2018 si è classificato il sito, su base della divisione dei terreni in 7 classi di suolo compreso tra il piano d'imposta delle fondazioni e la formazione di base rigida, basandosi sulla stima della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità (V_{s30}).

La valutazione della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità V_{s30} è stata condotta mediante 6 sondaggi sismici passivi H.V.S.R..

Le basi teoriche della metodologia utilizzata hanno origine nei primi studi eseguiti da Kanai (1957) nei quali si dimostrava sperimentalmente una correlazione tra alcuni parametri estratti dallo studio delle vibrazioni ambientali "noise sismico" (analisi spettrale) di un sito e le caratteristiche sismo-stratigrafiche dello stesso.

Tra le varie tecniche messe a punto successivamente alle intuizioni di Kanai, si è maggiormente consolidata negli anni quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente applicata da Nakamura (1989) per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

La tecnica HVSR prevede di calcolare il rapporto, in funzione della frequenza, tra gli spettri di risposta della componente orizzontale e verticale del moto (H/V) dovuto ai microtremiti (rumore sismico).

Al fine di ricavare il profilo verticale delle V_s , l'analisi della curva H/V è stata effettuata attraverso il confronto con curve sintetiche relative ad un modello del sottosuolo ottenuto dai dati geognostici diretti relativamente alle litologie ed agli spessori dei vari strati.

Per la definizione del modello geologico di progetto riferibile ai primi trenta metri, come richiesto dalla normativa vigente, sono stati utilizzati i valori di V_s ottenuti dal modello di interpretazione mentre i valori di V_p , utili alla definizione dei moduli elastici dinamici indicativi dei vari strati, sono stati ricavati da indagini di sismica a rifrazione profondità, al fine di fittare al meglio le curve sintetiche con quelle di campagna è stato necessario utilizzare un modello del sottosuolo discretizzato in più strati come viene esposto nella relazione sull'indagine sismica.

Nel nostro caso, considerando il valore di V_{s30} ottenuto ed il valore del fattore di amplificazione, applicando lo stesso ai valori di accelerazione massima attesa al sito, con tempo di ritorno massimo si ottengono i seguenti risultati:

$$V_{s,30} = 308,00 \text{ m/s}$$

Tali determinazioni ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, fanno rientrare il suolo del sito in esame nella classe categoria C ovvero "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	13

substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

Per quanto riguarda il parametro relativo all’influenza topografica il sito rientra nella categoria T1.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	14

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

Nel seguito si riporta una breve descrizione geomorfologica e geologica dell'area dove insisteranno le opere.

La conformazione topografica del territorio è strettamente legata alle proprietà reologiche dei litotipi affioranti che influenzano le caratteristiche morfologiche del paesaggio, in base alla differente risposta che i vari litotipi offrono alle azioni erosive, determinando le frequenti variazioni di quota che caratterizzano tale territorio.

La morfologia tipica delle zone dove affiorano i terreni lapidei è rappresentata da apprezzabili rilievi, in particolare, con versanti talora molto acclivi, associati ad ampie fasce detritiche di ricoprimento e alla presenza di valli strette e profonde, mentre laddove prevalgono i litotipi plastici e maggiormente erodibili, si denota la contrapposizione dei paesaggi collinari, dai pendii dolci e poco acclivi. Infine riveste particolare importanza geomorfologica la presenza nelle zone più prossime alla costa delle estese piattaforme di abrasione marina, ormai relitte, a testimonianza di fasi di stazionamento del livello marino a quote differenti rispetto a quella attuale verificatesi nel passato geologico dell'area. Il successivo abbassamento relativo del livello del mare alle quote attuali, ha determinato l'instaurarsi di una profonda fase di incisione fluviale ad opera dei numerosi torrenti che caratterizzano l'area, al fine di raccordarsi con l'attuale linea di costa e determinando le morfologie vallive che riscontriamo oggi.

I siti interessati dal progetto in oggetto sono caratterizzati in particolare da un contesto collinare dominato da litologie prettamente argillose con morfologie dalle forme arrotondate e pendenze inferiori ai 15°.

La serie stratigrafica locale, è stata ricostruita sulla base di un rilevamento geologico di campagna e dei risultati dei sondaggi geognostici direttamente acquisiti in campo attraverso le indagini penetrometriche.

Tali indagini hanno messo in evidenza una diversa stratigrafia tra la porzione di impianto a Nord e quella posta a Sud. In particolare:

Porzione di impianto posta a Nord:

- Limo argilloso, da poco a moderatamente consistente ma caratterizzato da un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità fino a circa 5,00 m. Oltre tale profondità il limo diventa consistente

Porzione di impianto posta a Sud:

- Limo argilloso, moderatamente consistente sino ad una profondità di circa 3,10 m;

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	15

- Argilla Marnosa, in unostrato compreso tra 3,10 e 3,70 m di profondità;
- Oltre i 3,70 m di profondità il limo diventa consistente.

Dall'analisi dei risultati delle indagini viene restituito un modello litostratigrafico e geotecnico rappresentativo dell'area oggetto di studio utile ai fini progettuali per la valutazione delle opere di fondazione previste per l'impianto in oggetto.

Attuando un approccio cautelativo alla progettazione si riportano i parametri geotecnici minimi riscontrati dalle indagini geognostiche dirette e indirette effettuate in situ.

Area Nord

- Limo argilloso (da piano campagna fino a circa 5,00 m di profondità):
 - $C_u = 0,17 \text{ kg/cm}^2$ (coesione non drenata);
 - $c' = 0,03 \text{ kg/cm}^2$ (coesione drenata);
 - $\phi' = 21^\circ$ (angolo di resistenza a taglio);
 - $\gamma = 1750 \text{ kg/m}^3$ (peso dell'unita di volume);
 - $\gamma_{\text{sat}} = 1870 \text{ kg/m}^3$ (peso dell'unita di volume saturo);

Area Sud

- Limo argilloso (da 0,00 m fino a 3,10 metri di profondità).
 - $C_u = 0,31 \text{ kg/cm}^2$ (coesione non drenata);
 - $c' = 0,06 \text{ kg/cm}^2$ (coesione drenata);
 - $\phi' = 22^\circ$ (angolo di resistenza a taglio);
 - $\gamma = 1840 \text{ kg/m}^3$ (peso dell'unita di volume);
 - $\gamma_{\text{sat}} = 1900 \text{ kg/m}^3$ (peso dell'unita di volume saturo);
 - Argilla marnosa (da 3,10 m fino a 3,70 metri di profondità).
 - $C_u = 0,90 \text{ kg/cm}^2$ (coesione non drenata);
 - $c' = 0,18 \text{ kg/cm}^2$ (coesione drenata);
 - $\phi' = 26^\circ$ (angolo di resistenza a taglio);
-

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	16

- $\gamma = 2080 \text{ kg/m}^3$ (peso dell'unità di volume);
 - $\gamma_{\text{sat}} = 2350 \text{ kg/m}^3$ (peso dell'unità di volume saturo);
 - Limo argilloso (oltre 3,70 metri di profondità).
 - $c_u = 0,36 \text{ kg/cm}^2$ (coesione non drenata);
 - $c' = 0,072 \text{ kg/cm}^2$ (coesione drenata);
 - $\phi' = 22^\circ$ (angolo di resistenza a taglio);
 - $\gamma = 1940 \text{ kg/m}^3$ (peso dell'unità di volume);
 - $\gamma_{\text{sat}} = 2130 \text{ kg/m}^3$ (peso dell'unità di volume saturo);
-

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	17

6. CARICHI AGENTI

6.1. CARICO DOVUTO ALLA NEVE

Il carico della neve sulle opere di copertura degli edifici è stato valutato secondo il punto 3.4 del D.M. 17/01/2018, in base alla seguente relazione:

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_E C_T$$

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura;

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_E è il coefficiente di esposizione;

C_t è il coefficiente termico.

Per quanto riguarda il carico della neve al suolo, la Provincia di Agrigento è posta in zona III. Poiché il sito in esame si trova a circa 320 m s.l.m., q_{sk} è determinato come:

$$q_{sk} = 0,51 * [1 + (a_s / 481)^2]$$

$$q_{sk} = 0,736 \text{ kN/m}^2$$

Il coefficiente C_E , a vantaggio di sicurezza, secondo le disposizioni della tabella 3.4.I, è stato posto pari a 1.

Il coefficiente termico C_t , secondo le disposizioni al punto 3.4.4, poiché si è in assenza di uno specifico e documentato studio, è stato posto pari a 1.

Il coefficiente μ_i , poiché la copertura è leggermente inclinata, è pari a 0,80, secondo quanto riportato nella tabella 3.4.II.

Tenendo conto delle considerazioni sopra riportate, si ottiene un valore di carico della neve q_s pari a 0,589 kN/m² \approx 60 kg/m².

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	18

6.2. AZIONE SISMICA

Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione.

In base al D.M. 17/01/2018, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC).

La pericolosità sismica in un generico sito è valutata:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento VR della costruzione,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Nel presente progetto, l'azione sismica è stata valutata tenendo conto dei seguenti parametri:

- classe d'uso: Seconda (Punto 2.4.2 del D.M. 17/01/2018);
- vita nominale ≥ 50 anni (Punto 2.4.1 del D.M. 17/01/2018);

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	19

- categoria di suolo: C (Punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018);
- categoria topografica: T1 (Tabella 3.2.III del D.M. 17/01/2018);
- coefficiente di condizione topografica: 1,0 (Tabella 3.2.VI del D.M. 17/01/2018).

6.3. AZIONE DEL VENTO

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento.

Tali azioni si possono considerare come delle azioni statiche, il cui modulo viene determinato secondo l'espressione:

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento;
- c_e è il coefficiente di esposizione;
- c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;
- c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

Pressione cinetica di riferimento q_r

La pressione cinetica di riferimento q_r è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

dove:

- v_r è la velocità di riferimento del vento;
- ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

Velocità di riferimento

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	20

La velocità di riferimento v_r è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito al periodo di ritorno di progetto T_R . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_r = v_b * c_r$$

dove:

- v_b è la velocità base di riferimento;
- c_r è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_R .

Il coefficiente di ritorno è fornito dalla relazione seguente:

$$c_r = 0,75 \sqrt{1 - 0,2 * \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

dove T_R è il periodo di ritorno espresso in anni.

Ove non specificato diversamente, si assume $T_R = 50$ anni, cui corrisponde $c_r = 1$.

Di conseguenza:

$$v_r = v_b$$

Velocità base di riferimento

La velocità base di riferimento v_b è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno $T_R = 50$ anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} * c_a$$

dove:

- $v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I del D.M. 17/01/2018 in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1$$

$$a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_a \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right)$$

$$a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	21

- a_0 e k_s sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I del D.M. 17/01/2018 in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
- a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

I valori di riferimento per la Sicilia sono:

$$v_{b,0} = 28 \text{ m/sec}$$

$$a_0 = 500 \text{ m}$$

$$k_a = 0,36$$

Nel caso in esame $a_s = 320 \text{ m}$. Essendo $a_s < a_0$, si pone $c_a = 1$

e quindi $v_b = c_a * v_{b,0} = 1 * 28 = 28 \text{ m/sec}$.

Nota il valore della velocità di riferimento v_r , si determina la pressione cinetica di riferimento:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2 = 490 \text{ N/m}^2$$

Coefficiente di esposizione c_e

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200 \text{ m}$, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] \quad z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

dove:

k_r , z_0 , z_{\min} sono assegnati in Tab. 3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

c_t è il coefficiente di topografia. Il coefficiente di topografia c_t è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

PD-A.07

TITOLO ELABORATO

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

PAGINA

22

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Per quanto riguarda la categoria di esposizione essa viene determinata in funzione della classe di rugosità del terreno, riportata nella tabella seguente:

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

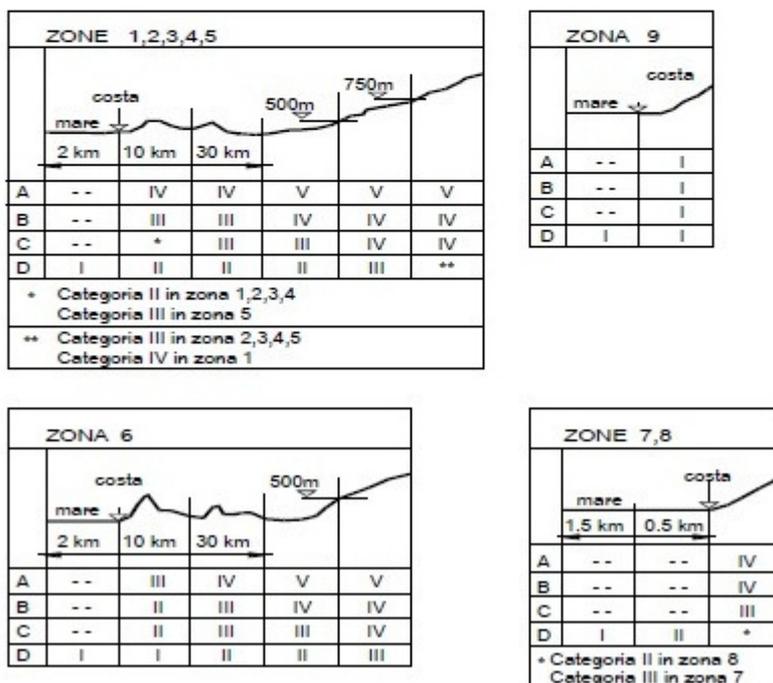


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

Il sito in esame presenta una classe di rugosità D. Poiché la Sicilia si trova in zona 4 e il sito in esame si trova a circa 320 m s.l.m., dalla tabella precedente si determina una categoria di esposizione II.

Dalla Tabella 3.3.II si ricava:

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	23

$$k_r = 0,19$$

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 4 \text{ m}$$

Coefficiente dinamico c_d

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali.

Coefficiente di forma c_p

Ai fini della valutazione del coefficiente di forma si assume:

- per elementi sopravento (cioè direttamente investiti dal vento), con inclinazione sull'orizzontale $\alpha \geq 60^\circ$, $c_{pe} = + 0,8$
- per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale $20^\circ < \alpha < 60^\circ$, $c_{pe} = +0,03\alpha - 1$
- per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ e per elementi sottovento (intendendo come tali quelli non direttamente investiti dal vento o quelli investiti da vento radente) $c_{pe} = - 0,4$

Nella tabella seguente si riportano le sollecitazioni agenti, sia nel caso di azione sopravento che sottovento:

z [m]	qref [N/m ²]	ce	cp	cd	p [N/m ²]
0.5	490	0.773262	0.8	1	303.1186
2.5	490	1.54104	0.8	1	604.0876
0.5	490	0.773262	-0.4	1	-151.559
2.5	490	1.54104	-0.4	1	-302.044

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	24

7. RELAZIONE SUI MATERIALI

7.1. GENERALITÀ

Per poter garantire la durabilità delle opere in c.a. ed i livelli di sicurezza prefissati è di fondamentale importanza definire i requisiti delle materie prime usate che la definizione delle modalità di esecuzione. Per tale motivo, il calcestruzzo viene specificato come «miscela progettata» con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo a prestazione).

Con «calcestruzzo a prestazione» secondo le Linee Guida e la norma UNI 9858 si intende un calcestruzzo per il quale il Progettista ha la responsabilità di specificare le prestazioni richieste ed eventuali ulteriori caratteristiche e per il quale l'Appaltatore è responsabile della fornitura di una miscela conforme alle prestazioni richieste e alle eventuali ulteriori caratteristiche.

Tutti i materiali dovranno essere:

- identificati univocamente a cura del produttore;
- qualificati sotto la responsabilità del produttore;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione.

Il calcestruzzo viene specificato come «miscela progettata» con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo a prestazione) ed in conformità alle norme UNI di riferimento (UNI 9858 – UNI 8981 – UNI 9917 – UNI 9420 – etc.).

L'acciaio dovrà essere prodotto da stabilimenti dotati di un sistema permanente di controllo interno alla produzione che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito.

Il sistema di qualità del prodotto deve essere predisposto in coerenza alla Norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo, il produttore e l'organismo di certificazione del processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle Norme UNI EN 10080:2005, della serie UNI EN 10025:2005, UNI EN 10210:2006 e UNI EN 10219:2006.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	25

7.2. CLASSIFICAZIONE DEL CALCESTRUZZO

I dati fondamentali per i calcestruzzi a prestazione, specificati nel seguito, comprendono:

- a- classe di esposizione ambientale;
- b- classe di resistenza;
- c- classe di consistenza;
- d- acqua da impasto;
- e- tipo di cemento,
- f- tipo di aggregati e loro dimensione massima;
- g- additivi;
- h- valore nominale del copri ferro.

Dopo avere definito ciascuno degli elementi sopra riportati, si potrà procedere alla caratterizzazione prestazionale del calcestruzzo da impiegare per la costruzione delle strutture in cemento armato. Di seguito si procederà con l'analisi e la scelta di ciascuno di tali elementi caratteristici.

7.3. CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE

In accordo con la normativa europea UNI EN 206-1 e con quella italiana UNI 11104, il livello di rischio per una determinata opera dipende dalle azioni chimico-fisiche alle quali si presume che potrà essere esposto il calcestruzzo durante il periodo di vita delle opere e che causa effetti che non possono essere classificati come dovuti a carichi o ad azioni indirette quali deformazioni impresse, cedimenti e variazioni. A tal fine, le norme suddette suddividono gli ambienti in base alla tipologia del degrado atteso per le armature e per l'acciaio, individuando delle classi di esposizione ambientale. Ai fini di una corretta prescrizione del calcestruzzo, occorre, quindi, classificare l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale risulterà inserito.

A seconda delle condizioni ambientali, vengono individuate le classi e sottoclassi di esposizione ambientale del calcestruzzo, riportate nella tabella 3.1.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	26

Tabella 3.1 - Classi di esposizione ambientale del calcestruzzo

Classe	Ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali
1 - Nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco al calcestruzzo		
X0	molto secco	Interni di edifici con umidità relativa molto bassa
2 - Corrosione delle armature indotta da carbonatazione del calcestruzzo		
XC1	Secco	Interni di edifici con umidità relativa bassa
XC2	bagnato, raramente secco	Parti di strutture di contenimento liquidi; fondazioni
XC3	umidità moderata	Interni di edifici con umidità da moderata ad alta; calcestruzzo all'esterno riparato dalla pioggia
XC4	Ciclicamente secco e bagnato	Superfici soggette a contatto con acqua non comprese nella classe XC2
3 - Corrosione indotta dai cloruri		
XD1	umidità moderata	Superfici esposte a spruzzi diretti d'acqua contenente cloruri
XD2	bagnato, raramente secco	Piscine; calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente secco e bagnato	Parti di ponti; pavimentazioni; parcheggi per auto
4 - Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare		
XS1	Esposizione alla salsedine marina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture sulla costa o in prossimità
XS2	Sommerse	Parti di strutture marine
XS3	nelle zone di maree, nelle zone soggette a spruzzi	Parti di strutture marine
5 - Attacco da cicli di gelo/disgelo		
XF1	grado moderato di saturazione, in assenza di agenti disgelanti	Superfici verticali esposte alla pioggia e al gelo
XF2	grado moderato di saturazione, in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali di opere stradali esposte al gelo e ad agenti disgelanti nebulizzati nell'aria
XF3	grado elevato di saturazione, in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali esposti alla pioggia e al gelo
XF4	grado elevato di saturazione, in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali e orizzontali esposte al gelo e a spruzzi d'acqua contenenti sali disgelanti
6 - Attacco chimico		
XA1	Aggressività debole	
XA2	Aggressività moderata	
XA3	Aggressività forte	

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	27

Poiché la classificazione di tabella 3.1 differisce da quella della Norma UNI 9858, si fornisce una correlazione tra le classi di esposizione ambientale dei due documenti (tabella 3.3) e le caratteristiche del calcestruzzo ai fini della durabilità delle opere (tabella 3.4).

Tabella 3.2- Correlazione tra classi di esposizione ambientale

Ambiente d'esposizione (UNI 9858)	Classi di esposizione	
	UNI 9858	Linee Guida / prEN206
Secco/ molto secco ⁽⁰⁾	1	X0 ⁽⁰⁾
Umido senza gelo	2a	XC1 XC2
Debolmente aggressivo	5a	XC3 XD1 XA1 ⁽²⁾
Umido con gelo	2b ⁽¹⁾	XF1
Marino senza gelo	4a	XS1 XD2
Moderatamente aggressivo	5b	XA2 ⁽²⁾ XC4
Umido con gelo e sali disgelanti	3 ⁽¹⁾	XF2 ⁽¹⁾
Marino con gelo	4b ⁽¹⁾	XF3 ⁽¹⁾
Fortemente aggressivo	5c	XD3 XS2 XS3 XF4 ⁽¹⁾ XA3 ⁽²⁾

(0) L'ambiente della classe X0 è definito nelle Linee Guida come «molto secco».

Nel presente progetto, si è considerata una classe di esposizione XC2 per tutti gli elementi strutturali, a cui corrisponde la classe di esposizione 2a secondo la UNI 9858.

Per ogni classe di esposizione ambientale, la normativa impone il rispetto di alcuni requisiti minimi (norma UNI 11140). Tali requisiti sono:

- classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- rapporto acqua/cemento;
- dosaggio minimo di cemento.

7.4. CLASSI DI RESISTENZA

La resistenza a compressione del calcestruzzo è espressa in termini di resistenza caratteristica, definita come quel valore di resistenza al di sotto del quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	28

La resistenza caratteristica cubica R_{ck} viene dedotta sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni effettuate su cubi di 150 mm di lato, per aggregati con diametro massimo fino a 32 mm, o di 200 mm di lato per aggregati con diametro massimo maggiore.

La resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} viene dedotta sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni effettuate su cilindri di 150 mm di diametro e 300 mm di altezza.

Per indicare la classe di resistenza si utilizza la simbologia C_{xx}/y_y ove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica f_{ck} e yy il valore della resistenza caratteristica cubica R_{ck} , entrambi espressi in N/mm^2 ($1 N/mm^2 \approx 10 Kg/cm^2$).

Tabella 3.3 - Classi di resistenza del calcestruzzo

Classe di resistenza	f_{ck} (N/mm^2)	R_{ck} (N/mm^2)	Categoria del calcestruzzo
<i>C8/10</i>	8	10	<i>NON STRUTTURALE</i>
<i>C12/15</i>	12	15	
<i>C16/20</i>	16	20	<i>ORDINARIO</i>
<i>C20/25</i>	20	25	
<i>C25/30</i>	25	30	
<i>C30/37</i>	30	37	
<i>C35/45</i>	35	45	
<i>C40/50</i>	40	50	
<i>C45/55</i>	45	55	

Tabella 3.4 – Caratteristiche del calcestruzzo

Classe di esposizione ambientale	Rapporto a/c massimo	R_{ck} minima (N/mm^2)
XS2 XS3 XA3 XD3 XF4	0.45	45
XS1 XD2 XA2 XC4 XF2 XF3	0.50	40
XA1 XD1 XC3 XF1 XC4	0.55	37
XC1 XC2	0.60	30
1 (UNI 9858) – X0	0.65	25 ⁽¹⁾

(1) Per ambiente molto secco (U.R. < 45%, classe di esposizione X0) è ammesso l'uso di calcestruzzo R_{ck} 20.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	29

Le resistenze caratteristiche Rck di tabella 3.4 sono da considerarsi quelle minime in relazione agli usi indicati nella tabella 3.1.

La definizione di una soglia minima per il dosaggio di cemento risponde all'esigenza di garantire in ogni caso una sufficiente quantità di pasta di cemento, condizione essenziale per ottenere un calcestruzzo indurito a struttura chiusa e poco permeabile. Nelle normali condizioni operative il rispetto dei valori di Rck e a/c di tabella 3.4 possono comportare dosaggi di cemento anche sensibilmente più elevati del valore minimo indicato.

Tabella 3.5 – Contenuto minimo in cemento

Classe di esposizione ambientale	Contenuto minimo in cemento [Kg/m ³]
XC1 XC2	300
XC3 XD1 XF1 XA1	320
XC4 XS1 XD2 XF2 XF3 XA2	340
XS2 XS3 XD3 XF4 XA3	360

La realizzazione delle opere di fondazione diretta dovrà avvenire utilizzando un conglomerato cementizio confezionato per garantire una resistenza Rck 30 N/mm², $\sigma_{amm}=9,75$ N/mm², cioè di classe di resistenza C25/30, con un rapporto acqua/cemento minore o uguale a 0,60 ed un contenuto minimo in cemento pari a 300 Kg/m³.

7.5. CONSISTENZA

La lavorabilità, indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto nella cassaforma, viene comunemente valutata attraverso la misura della consistenza.

La consistenza, come la lavorabilità, è il risultato di più proprietà reologiche: di conseguenza può essere valutata solo in modo relativo, sulla base del comportamento dell'impasto fresco a determinate modalità di prova.

Per la classificazione della consistenza del calcestruzzo si fa riferimento ai seguenti metodi:

- abbassamento del cono (UNI 9418);

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	30

– spandimento (UNI 8020 – metodo B).

I valori di riferimento per ciascun metodo di prova sono indicati nelle tabelle 3.5 e 3.6.

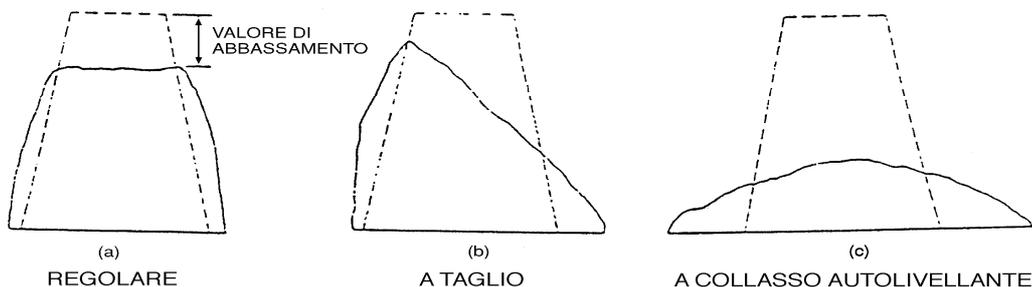
Tabella 3.5 Classi di consistenza - misura dell'abbassamento al cono

Classe di consistenza	Abbassamento mm	Denominazione corrente
S3	da 100 a 150	Semifluida
S4	da 160 a 210	Fluida
S5	> 210	Superfluida

Tabella 3.6 - Classi di consistenza - misura dello spandimento

Classe di consistenza	Spandimento mm
F3	da 420 a 480
F4	da 490 a 550
F5	da 560 a 620
F6	≥ 630

Nella misura dell'abbassamento al cono si hanno tre principali forme di abbassamento:



La prima forma, con abbassamento uniforme senza alcuna rottura della massa, indica comportamento regolare. La seconda forma, con abbassamento asimmetrico (a taglio), spesso indica mancanza di coesione; essa tende a manifestarsi con miscele facili alla segregazione. In caso di persistenza, a prova ripetuta, il calcestruzzo è da ritenere non idoneo al getto.

La terza forma, con abbassamento generalizzato (collasso), indica miscele magre oppure molto umide o, nel caso di calcestruzzi autolivellanti, additivate con superfluidificanti.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	31

Per miscele magre tendenti alla rigidità un abbassamento regolare facilmente si può tramutare in uno di tipo a taglio o a collasso. In tal caso ci si dovrà accertare del fenomeno, onde evitare che si indichino valori diversi di abbassamento per campioni della stessa miscela.

La classe di consistenza del calcestruzzo al momento della posa dovrà essere sempre pari o superiore alla classe di abbassamento al cono S4.

7.6. SPECIFICHE PER LA PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO

Come detto in precedenza, per poter garantire la durabilità delle opere in c.a. ed i livelli di sicurezza prefissati, è fondamentale la scelta accurata delle materie prime con cui realizzare il calcestruzzo, quali:

- acqua;
- cemento;
- aggregati;
- additivi;
- aggiunte.

ACQUA D'IMPASTO

L'acqua ha un ruolo fondamentale nella produzione del calcestruzzo, poiché una sua errata scelta o dosaggio può dare origine a fenomeni di ritardo o di accelerazione nel processo di presa e di indurimento, con un possibile conseguente degrado delle strutture. Al fine di evitare tali inconvenienti è necessario che l'acqua di impasto possieda i requisiti previsti dalla norma UNI EN 1008.

Poiché il calcestruzzo usato per opere interrato è un calcestruzzo autocompattante, la norma vieta l'uso di acque di riciclo. Le acque da riciclo, infatti, poiché possono contenere sostanze solide in sospensione, potrebbero compromettere la reologia del calcestruzzo.

CEMENTO

Per il confezionamento del calcestruzzo devono essere usati i cementi che posseggono marcatura CE e siano conformi alle prescrizioni definite dalla norma UNI EN 197-1. Tale norma individua 162 classi di cemento suddivisi per composizione e prestazione.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	32

Nel caso di strutture esposte all'acqua di mare, come nel caso in oggetto, si devono usare cementi pozzolanici o d'altoforno, i quali presentano una maggiore resistenza alla penetrazione dell'agente corrosivo all'interno dell'elemento strutturale.

Nel caso in oggetto, si raccomanda l'uso di cemento Portland definito dalla UNI EN 197-1 come CEM II/A oppure cemento d'altoforno definito dalla UNI EN 197-1 come CEM III/A o CEM III/B. In ogni caso si dovrà garantire la classe di cemento 32.5R.

AGGREGATI

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi riciclo, ottenuti da frantumazione di macerie provenienti dalla demolizione di edifici, di strutture in calcestruzzo armato o dagli scarti di produzione degli stabilimenti di calcestruzzo, conformi alla Norma Europea UNI EN 12620 e della UNI EN 8520-2 e, per gli aggregati leggeri, alla Norma Europea UNI EN 13055-1. I limiti per l'uso di aggregati di riciclo è riportato nella tabella seguente:

Aggregati di riciclo provenienti da	Classe di resistenza del calcestruzzo	Percentuale massima di impiego
Demolizione di edifici	C8/10	Fino al 100%
Demolizione di solo calcestruzzo o c.a.	≤ C30/37	≤ 30%
	≤ C20/27	Fino al 60%

Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR n°246/93, della Direttiva 89/106/CEE e del D.M. 14/01/2008, è indicato nella seguente tabella:

Specifiche tecniche Europee armonizzate di riferimento	Uso previsto	Sistema di attestazione di conformità
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	Calcestruzzo strutturale	2+

Gli aggregati dovranno comunque presentare una massa volumica non inferiore a 2600 Kg/m³, al fine di evitare l'uso di materiale poroso che può compromettere la resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo.

Nella realizzazione della malta cementizia dovranno essere usate:

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	33

- Sabbia viva con grani assortiti da 0 a 7 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materiale organico o di salsedine;
- Ghiaia, non friabile, priva di sostanze estranee, terra o salsedine. Se sporca, dovrà essere accuratamente lavata.

Gli aggregati usati dovranno, inoltre, essere non gelivi, cioè la capacità di assorbimento di acqua dovrà essere inferiore all'1% in peso, in modo tale da evitare eventuali fenomeni di congelamento interno alla struttura.

ADDITIVI

Gli additivi per calcestruzzo sono classificati dalla norma UNI EN 934-2 in base all'azione che essi hanno sulle proprietà dell'impasto.

Nel caso di opere interrato, per le quali si prevede l'uso di calcestruzzi auto compattanti, si dovrà ricorrere a:

- additivi superfluidificanti provvisti di marcature CE conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 della norma UNI EN 934-2, nel caso in cui il getto sia effettuato nei mesi invernali;
- additivo superfluidificante ritardante provvisto di marcatura CE conforme ai prospetti 11.1 ed 11.2 della norma UNI EN 934-2; nel caso in cui il getto sia realizzato nei mesi estivi.

7.7. COPRIFERRO E DIMENSIONE DEGLI INERTI

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro il cui valore va misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina. Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + \Delta h$.

In accordo con il D.M. 17/01/2018, il valore minimo del copriferro viene posto pari a 3,50 cm.

7.8. MODALITÀ DI MESSA IN OPERA E DISARMO

I getti saranno opportunamente stipati e vibrati e la loro superficie verrà tenuta umida per almeno tre giorni. Sarà comunque vietata l'esecuzione di getti quando la temperatura esterna è minore di zero gradi.

Il disarmo delle casseformi, nelle costruzioni in cemento armato normale, nelle migliori condizioni atmosferiche, dovrà avvenire:

- non prima di tre giorni per le opere di fondazione.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	34

7.9. CALCESTRUZZO NON STRUTTURALE

Al di sotto di tutte le opere di fondazione delle strutture in cemento armato, per livellare nel miglior modo possibile il piano di posa delle fondazioni, si dovrà eseguire un getto di calcestruzzo magro. Poiché tale calcestruzzo non ha nessuna funzione strutturale, si potrà eseguire il getto con un calcestruzzo di classe C12/15.

7.10. PRESCRIZIONI SULLE TIPOLOGIE DI ACCIAIO

Nel presente progetto dovrà essere usato acciaio saldabile tipo B450C, qualificato secondo le Norme riportate in premessa. L'acciaio B450C dovrà essere caratterizzato dai seguenti valori nominali di tensioni caratteristiche di snervamento e rottura:

$f_{y,nom}$	450	N/mm ²
$f_{t,nom}$	540	N/mm ²

Tali tensioni sono poste a base dei calcoli.

Inoltre deve rispettare i requisiti riportati nella tabella seguente:

Caratteristiche		Requisiti
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq f_{y,nom}$
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	$\geq f_{t,nom}$
$(f_t/f_y)_k$		$\geq 1,15$
		$\leq 1,35$
$(f_y/f_{y,nom})_k$		$\leq 1,25$
Allungamento		$\geq 7,5\%$
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche		
$12 \leq \phi \leq 16$ mm		5 ϕ

L'acciaio per cemento armato deve essere prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti e tralicci.

Prima della fornitura in cantiere i singoli elementi possono essere saldati, presagomati o preassemblati sotto la vigilanza del Direttore dei Lavori o in centri di trasformazione.

Tutti gli acciai usati come ferri d'armatura per il calcestruzzo devono essere ad aderenza

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	35

7.11. ACCIAIO STRUTTURALE

I prodotti in acciaio adoperati nella costruzione metallica presentano due tipi di caratteristiche che intervengono nei calcoli di resistenza dei materiali. Si tratta, da una parte, delle caratteristiche meccaniche intrinseche, funzione del tipo di acciaio, e, dall'altra parte, delle caratteristiche geometriche e d'inerzia proprie del prodotto e che dipendono dalle sue dimensioni e dalla sua geometria.

La nozione di non fragilità a bassa temperatura che si esprime in energia di rottura (Resilienza) costituisce un elemento fondamentale per la scelta degli acciai ad alto limite di elasticità destinati alla costruzione metallica, in modo particolare per le strutture molto sollecitate e sottoposte a basse temperature.

Gli acciai sono anche caratterizzati dalla loro composizione chimica che non interviene direttamente nella resistenza dei materiali ma che ha un ruolo importante in particolare su aspetti quali la saldabilità e nel comportamento alla corrosione delle opere metalliche.

I calcoli di resistenza dei materiali devono tenere in conto le seguenti caratteristiche meccaniche fondamentali degli acciai:

- il carico unitario di snervamento R_e in N/mm^2 . Fintanto che le tensioni in servizio non superano il valore di R_e , l'elemento sollecitato dall'azione ritorna allo stato iniziale al cessare dell'azione stessa. Nelle formule di resistenza dei materiali, la tensione elastica è designata da σ_e il cui limite è R_e . R_e è un dato fondamentale nei calcoli di resistenza dei materiali. Dato che per certi acciai la soglia di limite elastico non è sempre marcata, si definiscono allora dei limiti convenzionali dove si valutano un allungamento permanente debole ma misurabile con precisione come il 0,2 % per esempio. Questo valore è indicato con $R_p 0,2$.

- il modulo di elasticità E in N/mm^2 . È il coefficiente di proporzionalità tra l'azione interna (o la tensione) e l'allungamento in campo elastico. È un dato costante per tutti gli acciai: $E = 210000 N/mm^2$. Lo stesso valore può essere usato per la maggior parte degli acciai inossidabili. Questa caratteristica E ha una incidenza diretta sulla freccia delle travi sottoposte a sollecitazioni di flessione.

- l'allungamento alla rottura A in %. Questo dato caratterizza in parte la capacità di deformazione dell'acciaio. Nel caso di superamento accidentale del limite elastico, l'allungamento può apparire come una riserva di sicurezza che può evitare il crollo dell'opera. Mentre le norme impongono allungamenti minimi funzione del tipo di acciaio dell'ordine del 20%, l'Eurocode 3 ammette un limite minimo del 15%.

- Un altro dato di base è fornito contemporaneamente alle precedenti caratteristiche, trattasi della resistenza a trazione R_m in N/mm^2 . Queste caratteristiche intrinseche di un acciaio sono determinate da

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	36

prove di trazioni effettuate su provette prelevate, in accordo a modalità normalizzate, su un campione del prodotto in questione.

Per la realizzazione della struttura portante in acciaio si dovranno usare profilati in acciaio avente le seguenti caratteristiche:

- Acciaio S275JR secondo UNI EN 10025, zincabile, avente le seguenti caratteristiche meccaniche:
 - tensione di rottura a trazione $f_t \geq 400 \text{ N/mm}^2$
 - tensione di snervamento $f_y \geq 225 \text{ N/mm}^2$
 - allungamento percentuale longitudinale = 22 %
- Saldature: le saldature dovranno essere realizzate per fusione, secondo la tipologia di giunti “testa a testa” e di classe I come richiesto dalla UNI 7278.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	37

8. CRITERI DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

Sono illustrati con la presente i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, la verifica delle tensioni di lavoro dei materiali con riferimento alle strutture in c.a..

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

- 1) Per i carichi statici: *METODO DELLE DEFORMAZIONI*;
- 2) Per i carichi sismici: metodo dell'*ANALISI MODALE* o dell'*ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE*.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

8.1. CRITERI USATI PER LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

Per gli elementi strutturali bidimensionali quali pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche viene utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo shell che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra).

Tale elemento finito di tipo isoparametrico viene modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM.

Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipenderà quindi dalla forma e densità della MESH.

Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

La precisione nel calcolo delle tensioni è inferiore a quella ottenuta nel calcolo degli spostamenti, inoltre è fortemente dipendente dalla mesh.

Le verifiche saranno effettuate sia direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio, mentre per le azioni dovute al sisma ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica, sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc..)

Nel modello vengono tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	38

La presenza di eventuali orizzontamenti sono tenuti in conto o con vincoli cinematici rigidi o modellando la soletta con elementi SHELL.

L'analisi delle sollecitazioni viene condotta in fase elastica lineare tenendo conto eventualmente degli effetti del secondo ordine.

I vincoli tra i vari elementi strutturali e con il terreno sono modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale, in particolare per le connessioni tra aste in acciaio o legno.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono elastico lineari.

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**).

Possono essere inseriti due tipi di elementi:

1) Elemento monodimensionale asta (*beam*) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.

2) L'elemento bidimensionale shell (*quad*) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice: funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il *metodo di Cholesky*.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

Nel modello vengono tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.

Le sollecitazioni derivanti dalle azioni sismiche possono essere ottenute sia da analisi statiche equivalenti che da analisi dinamiche modali.

8.2. COMBINAZIONI DI CALCOLO

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 del D.M. 17/01/2018; queste sono:

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	39

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU) (equazione 2.5.1 del D.M. 17/01/2018)
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili (equazione 2.5.3 del D.M. 17/01/2018)
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (equazione 2.5.4 del D.M. 17/01/2018)

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} sono riportati nella tabella 2.6.I del D.M. 17/01/2018.

8.1. ANALISI SISMICA DINAMICA

L'analisi sismica dinamica è stata svolta con il metodo dell'analisi modale; la ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo di Jacobi.

I modi di vibrazione considerati sono in numero tale da assicurare l'eccitazione di più dell'85% della massa totale della struttura.

Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze applicate spazialmente agli impalcati di ogni piano (forza in X, forza in Y e momento).

Le forze orizzontali così calcolate vengono ripartite fra gli elementi irrigidenti (pilastri e pareti di taglio), ipotizzando i solai dei piani sismici infinitamente rigidi assialmente.

Per la verifica della struttura si è fatto riferimento all'analisi modale, pertanto sono prima calcolate le sollecitazioni e gli spostamenti modali e poi viene calcolato il loro valore efficace.

I valori stampati nei tabulati finali allegati sono proprio i suddetti valori efficaci e pertanto l'equilibrio ai nodi perde di significato. I valori delle sollecitazioni sismiche sono combinate linearmente (in somma e in differenza) con quelle per carichi statici per ottenere le sollecitazioni per sisma nelle due direzioni di calcolo.

Gli angoli delle direzioni di ingresso dei sismi sono valutati rispetto all'asse X del sistema di riferimento globale.

8.2. VERIFICHE

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	40

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore della corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono, inoltre, che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018.

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**
- **Stato Limite di Danno (SLD)**

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite P_{VR}:		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (**SLU**) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	41

fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nei tabulati di calcolo.

- La sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (**SLE**) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. I valori limite, così come definiti nelle norme tecniche, sono riportati nei tabulati di calcolo.
- La sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (**SLD**) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno, definiti dalle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica.
- Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

Secondo quanto previsto dalla normativa le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
 - collasso per scorrimento sul piano di posa
 - stabilità globale
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali, accertando per ogni stato limite considerato la sollecitazione agente sia minore o al più uguale a quella resistente.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali.

La rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

- Un'unica combinazione (A1+M1+R3).

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidità relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

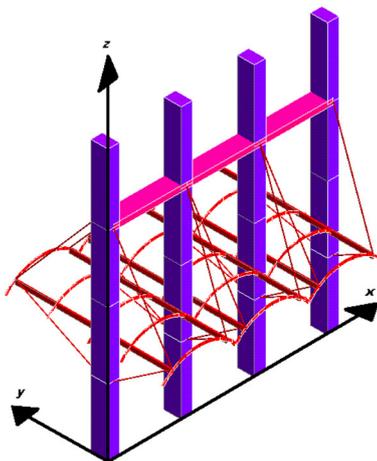
 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	42

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

8.3. SISTEMI DI RIFERIMENTO

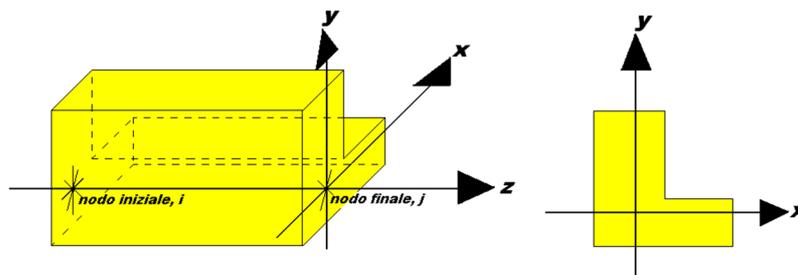
1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

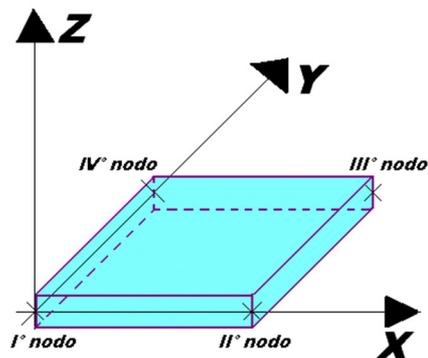
Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	43

3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



8.4. UNITÀ DI MISURA

Si adottano le seguenti unità di misura:

[lunghezze]	= m
[forze]	= kgf / daN
[tempo]	= sec
[temperatura]	= °C

8.5. CONVENZIONE SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	44

9. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Produttore	S.T.S. srl
Titolo	CDSWin
Versione	Rel. 2020
Nro Licenza	24058

Ragione sociale completa del produttore del software:

S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

**Via Tre Torri n°11 – Complesso Tre Torri
95030 Sant'Agata li Battiati (CT).**

9.1. AFFIDABILITA' DEI CODICI UTILIZZATI

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all'indirizzo:

<http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>

9.2. VALIDAZIONE DEI CODICI

L'opera in esame non è di importanza tale da necessitare un calcolo indipendente eseguito con altro software da altro calcolista.

9.3. INFORMAZIONI SULL'ELABORAZIONE

Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	45

Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento.

Controlli sulle verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.

Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all' autodiagnostica automatica.

In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che si riportano nel seguito, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

9.4. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA'

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Sono state inoltre individuate un numero di travi ritenute significative e, per tali elementi, è stata effettuata una apposita verifica a flessione e taglio.

Le sollecitazioni fornite dal solutore per tali travi, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica del CDSWin, sono state validate effettuando gli equilibri alla rotazione e traslazione delle dette travi, secondo quanto meglio descritto nel calcolo semplificato, allegato alla presente relazione.

Si sono infine eseguite le verifiche di tali travi con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	46

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

9.5. PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

9.6. DURABILITÀ

Particolare cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere garantite solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera; si dovranno, inoltre, utilizzare tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture.

La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Per garantire la durabilità della struttura sono stati presi in considerazioni opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali sia, nel caso delle opere in calcestruzzo, l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nei tabulati di calcolo.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	47

10. TABULATI DI CALCOLO

10.1. SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA INPUT

Le sezioni delle aste in c.a.o. riportate nel seguito sono state raggruppate per tipologia. Le tipologie disponibili sono le seguenti:

1) RETTANGOLARE

2) a T

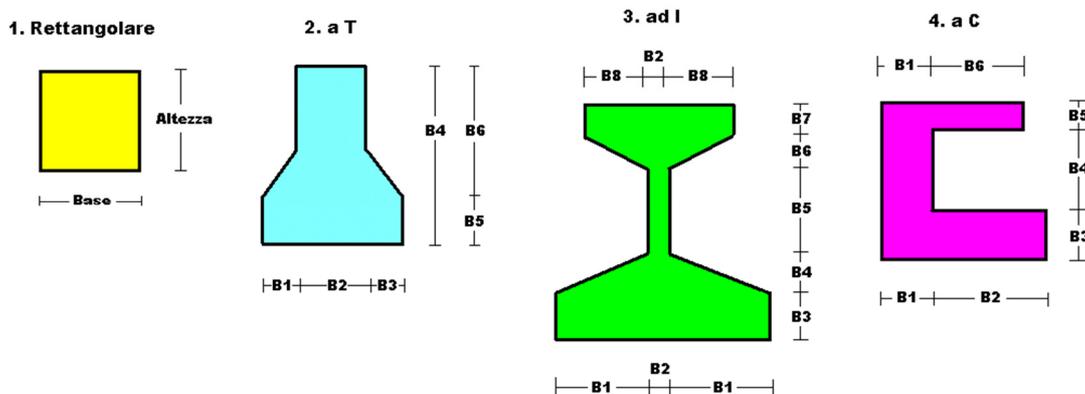
3) ad I

4) a C

5) CIRCOLARE

6) POLIGONALE

Nelle tabelle sono usate alcune sigle il cui significato è spiegato dagli schemi riportati in appresso:



Per quanto attiene alla tipologia poligonale le diciture V1, V2, ..., V10 individuano i vertici della sezione descritta per coordinate.

In coda alle presenti stampe viene riportata la tabellina riassuntiva delle caratteristiche statiche delle sezioni in parola in termini di area, momenti di inerzia baricentrici rispetto all'asse X ed Y (I_{xg} ed I_{yg}) e momento d'inerzia polare (I_p).

10.2. SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA MATERIALI

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'archivio materiali.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	48

- Materiale** : *Numero identificativo del materiale in esame*
- N.ro**
- Densità** : *Peso specifico del materiale*
- Ex * 1E3** : *Modulo elastico in direzione x moltiplicato per 10 al cubo*
- Ni.x** : *Coefficiente di Poisson in direzione x*
- Alfa.x** : *Coefficiente di dilatazione termica in direzione x*
- Ey * 1E3** : *Modulo elastico in direzione y moltiplicato per 10 al cubo*
- Ni.y** : *Coefficiente di Poisson in direzione y*
- Alfa.y** : *Coefficiente di dilatazione termica in direzione y*
- E11 * 1E3** : *Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 1a colonna*
- E12 * 1E3** : *Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 2a colonna*
- E13 * 1E3** : *Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 3a colonna*
- E22 * 1E3** : *Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 2a colonna*
- E23 * 1E3** : *Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 3a colonna*
- E33 * 1E3** : *Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 3a riga - 3a colonna*
-

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	49

10.3. SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA ASTE

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle riassuntive dei criteri di progetto per le aste in elevazione, per quelle di fondazione, per i pilastri e per i setti.

Crit.N.ro	: Numero indicativo del criterio di progetto
Elem.	: Tipo di elemento strutturale
%Rig.Tors.	: Percentuale di rigidità torsionale
Mod. E	: Modulo di elasticità normale
Poisson	: Coefficiente di Poisson
Sgmc	: Tensione massima di esercizio del calcestruzzo
tauc0	: Tensione tangenziale minima
tauc1	: Tensione tangenziale massima
Sgmf	: Tensione massima di esercizio dell'acciaio
Om.	: Coefficiente di omogeneizzazione
Gamma	: Peso specifico del materiale
Coprstaffa	: Distanza tra il lembo esterno della staffa ed il lembo esterno della sezione in calcestruzzo
Fi min.	: Diametro minimo utilizzabile per le armature longitudinali
Fi st.	: Diametro delle staffe
Lar. st.	: Larghezza massima delle staffe
Psc	: Passo di scansione per i diagrammi delle caratteristiche
Pos.pol.	: Numero di posizioni delle armature per la verifica di sezioni poligonali
D arm.	: Passo di incremento dell'armatura per la verifica di sezioni poligonali
Iteraz.	: Numero massimo di iterazioni per la verifica di sezioni poligonali
Def. Tag.	: Deformabilità a taglio (si, no)
%Scorr.Staf	: Percentuale di scorrimento da far assorbire alle staffe
P.max	: Passo massimo delle staffe
staffe	
P.min.staff	: Passo minimo delle staffe
e	

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	50

- tMt min.** : *Tensione di torsione minima al di sotto del quale non si arma a torsione*
- Ferri parete** : *Presenza di ferri di parete a taglio*
- Ecc.lim.** : *Eccentricità M/N limite oltre la quale la verifica viene effettuata a flessione pura*
- Tipo ver.** : *Tipo di verifica (0 = solo Mx; 1 = Mx e My separate; 2 = deviata)*
- Fl.rett.** : *Flessione retta forzata per sezioni dissimmetriche ma simmetrizzabili (0 = no; 1 = si)*
- Den.X pos.** : *Denominatore della quantità $q \cdot I \cdot I$ per determinare il momento Mx minimo per la copertura del diagramma positivo*
- Den.X neg.** : *Denominatore della quantità $q \cdot I \cdot I$ per determinare il momento Mx minimo per la copertura del diagramma negativo*
- Den.Y pos.** : *Denominatore della quantità $q \cdot I \cdot I$ per determinare il momento My minimo per la copertura del diagramma positivo*
- Den.Y neg.** : *Denominatore della quantità $q \cdot I \cdot I$ per determinare il momento My minimo per la copertura del diagramma negativo*
- %Mag.car.** : *Percentuale di maggiorazione dei carichi statici della prima combinazione di carico*
- Linear.** : *Coefficiente descrittivo del comportamento dell'asta:*
1 = comportamento lineare sia a trazione che a compressione
2 = comportamento non lineare sia a trazione che a compressione.
3 = comportamento lineare solo a trazione.
4 = comportamento non lineare solo a trazione.
5 = comportamento lineare solo a compressione.
6 = comportamento non lineare solo a compressione.
- Appesi** : *Flag di disposizione del carico sull'asta (1 = appeso, cioè applicato all'intradosso; 0 = non appeso, cioè applicato all'estradosso)*
- Min. T/sigma** : *Verifica minimo T/sigma (1 = si; 0 = no)*
-

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	51

Verif.Alette : *Verifica alette travi di fondazione (1 = si; 0 = no)*
Kwinkl. : *Costante di sottofondo del terreno*

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle riassuntive dei criteri di progetto per le verifiche agli stati limite.

Cri.Nro : *Numero identificativo del criterio di progetto*
Tipo Elem. : *Tipo di elemento: trave di elevazione, trave di fondazione, pilastro*
fck : *Resistenza caratteristica del calcestruzzo*
fcd : *Resistenza di calcolo del calcestruzzo*
rcd : *Resistenza di calcolo a flessione del calcestruzzo (massimo del diagramma parabola rettangolo)*
fyk : *Resistenza caratteristica dell'acciaio*
fyd : *Resistenza di calcolo dell'acciaio*
Ey : *Modulo elastico dell'acciaio*
ec0 : *Deformazione limite del calcestruzzo in campo elastico*
ecu : *Deformazione ultima del calcestruzzo*
eyu : *Deformazione ultima dell'acciaio*
Ac/At : *Rapporto dell'incremento fra l'armatura compressa e quella tesa*
Mt/Mtu : *Rapporto fra il momento torcente di calcolo e il momento torcente resistente ultimo del calcestruzzo al di sotto del quale non si arma a torsione*
Wra : *Ampiezza limite della fessura per combinazioni rare*
Wfr : *Ampiezza limite della fessura per combinazioni frequenti*
Wpe : *Ampiezza limite della fessura per combinazioni permanenti*
 σ **Rara** : *Sigma massima del calcestruzzo per combinazioni rare*
 σ **Perm** : *Sigma massima del calcestruzzo per combinazioni permanenti*
 σ **Rara** : *Sigma massima dell'acciaio per combinazioni rare*
SpRar : *Rapporto fra la lunghezza dell'elemento e lo spostamento massimo per combinazioni rare*

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	52

- SpPer** : *Rapporto fra la lunghezza dell'elemento e lo spostamento massimo per combinazioni permanenti*
- Coef.Visc.:** : *Coefficiente di viscosità*

10.4. SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA COORDINATE NODI

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella coordinate nodi.

- Nodo3d** : *Numero del nodo spaziale*
- Coord.X** : *Coordinata X del punto nel sistema di riferimento globale*
- Coord.Y** : *Coordinata Y del punto nel sistema di riferimento globale*
- Coord.Z** : *Coordinata Z del punto nel sistema di riferimento globale*
- Filo** : *Numero del filo per individuare le travate in c.a.*
- Piano Sism.** : *Numero del piano rigido di appartenenza del nodo*
- Peso** : *Peso sismico del nodo; ogni canale di carico è stato moltiplicato per il proprio coefficiente di riduzione del sovraccarico*

10.5. SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA SHELL SPAZIALI

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella dati di shell spaziale.

- Shell** : *Numero dello shell spaziale*
- Filo 1** : *Numero del filo del primo nodo*
- Filo 2** : *Numero del filo del secondo nodo*
-

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	53

- Filo 3** : *Numero del filo del terzo nodo*
- Filo 4** : *Numero del filo del quarto nodo*
- Quota 1** : *Quota del primo nodo*
- Quota 2** : *Quota del secondo nodo*
- Quota 3** : *Quota del terzo nodo*
- Quota 4** : *Quota del quarto nodo*
- Nod3d 1** : *Numero del primo nodo*
- Nod3d 2** : *Numero del secondo nodo*
- Nod3d 3** : *Numero del terzo nodo*
- Nod3d 4** : *Numero del quarto nodo*
- Sez. N.ro** : *Numero in archivio della sezione*
- Spess** : *Spessore dello shell*
- Kwinkl** : *Costante di Winkler del terreno se l'elemento è di fondazione; 0 se è di elevazione*
- Tipo Mat.** : *Numero dell'archivio per il tipo di materiale*
- Mesh X** : *Numero di suddivisioni del macro elemento sull'asse X locale*
- Mesh Y** : *Numero di suddivisioni del macro elemento sull'asse Y locale*
-

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	54

10.6. SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA CARICHI

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle carichi termici aste, carichi distribuiti aste, carichi concentrati, carichi termici shell e carichi shell.

CARICHI ASTE

- **Asta3d** : Numero dell'asta spaziale
- **Dt** : Delta termico costante
- **ALI.SISMICA** : Coefficiente di riduzione del sovraccarico
per la condizione in stampa ai fini del
calcolo della massa sismica
- **Riferimento** : Sistema di riferimento dei carichi (0
globale ; 1 locale)
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo iniziale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo iniziale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo iniziale
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo finale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo finale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo finale
- **Mt** : Momento torcente distribuito

CARICHI CONCENTRATI

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
 - **Fx** : Forza in direzione X nel sistema di
riferimento globale
 - **Fy** : Forza in direzione Y nel sistema di
riferimento globale
 - **Fz** : Forza in direzione Z nel sistema di
riferimento globale
 - **Mx** : Momento in direzione X nel sistema di
-

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	55

riferimento globale

- **My** : Momento in direzione Y nel sistema di

riferimento globale

- **Mz** : Momento in direzione Z nel sistema di

riferimento globale

CARICHI SHELL

- **Shell** : Numero dello shell spaziale

- **Dt** : Delta termico costante

- **Riferimento** : Sistema di riferimento delle pressioni e

dei carichi distribuiti; verticale è la

direzione dell'asse

Z del sistema di riferimento globale,

normale è la direzione ortogonale

all'elemento per le pressioni e ortogonale

al lato per i carichi distribuiti. Codici:

0 = pressione verticale e carico normale

1 = pressione normale e carico verticale

2 = pressione normale e carico normale

3 = pressione verticale e carico verticale

- **P.a** : Pressione sul primo vertice dello shell

- **P.b** : Pressione sul secondo vertice dello shell

- **P.c** : Pressione sul terzo vertice dello shell

- **P.d** : Pressione sul quarto vertice dello shell

- **Q.ab** : Carico distribuito sul lato ab

- **Q.bc** : Carico distribuito sul lato bc

- **Q.cd** : Carico distribuito sul lato cd

- **Q.da** : Carico distribuito sul lato da

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	56

10.7. SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA OUTPUT

- Filo N.ro** : Numero del filo del nodo inferiore o superiore
- Quota inf/sup** : Quota del nodo inferiore e del nodo superiore
- Nodo inf/sup** : Numero dei nodi inferiore e superiore per la determinazione degli spostamenti sismici relativi
- Sisma N.ro** : Numero del sisma per cui è massimo il valore dello spostamento totale per $\lambda=9$; un numero negativo indica che detto valore è calcolato con verso negativo per il sisma
- eta.t lamb.=9** : valore dello spostamento totale calcolato con $\lambda=9$; per il controllo delle connessioni nei vincoli o per il martellamento
- Sisma N.ro** : Numero del sisma per cui è massimo il valore dello spostamento totale per $\lambda = 2, 3$ o 4 ; un numero negativo indica che detto valore è calcolato con verso negativo per il sisma
- eta.t** : valore dello spostamento totale calcolato
 $lamb.=xxx$ con $\lambda = 2$ se $l = 1.0$,
con $\lambda = 3$ se $l = 1.2$,
con $\lambda = 4$ se $l = 1.4$.
- ($l =$ coefficiente di protezione sismica)
- eta limite** : valore dello spostamento limite di eta.t con $\lambda = 2, 3$ o 4
- Sisma N.ro** : Numero del sisma per cui sono riportati i valori dello spostamento combinato
- eta.t lamda=9** : Valore dello spostamento combinato per $\lambda = 9$ e sisma positivo
- sisma+:**
- eta.t lamda=9** : Valore dello spostamento combinato per $\lambda = 9$ e sisma negativo
- sisma-:**

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	57

eta.t : Valore dello spostamento combinato per $\lambda = 2$,
lamda=x 3 o 4 e sisma positivo
sisma+
eta.t : Valore dello spostamento combinato per $\lambda = 2$,
lamda=x 3 o 4 e sisma negativo
sisma-

Se l'ultimo sisma ha direzione verticale gli spostamenti dovuti a questo vengono combinati con gli spostamenti dei sismi orizzontali conformemente al punto C.6.3 del D.M. del 16/01/96.

10.8. SPECIFICHE CAMPI TABELLE DI STAMPA SHELL

SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE (s.r.l.): Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è così definito:

Origine : 1° punto di inserimento dello shell
Asse 1 : Asse X nel s.r.l., definito dal punto origine e dal II° punto di inserimento, nel verso di quest'ultimo
Piano12 : Piano XY nel s.r.l., definito dai punti origine, II° e III° di inserimento
Asse 2 : Asse Y nel s.r.l., ottenuto nel piano 12 con una rotazione antioraria di 90° dell'asse X intorno al punto origine, in modo che l'asse I-II si sovrapponga all'asse I-III con un angolo < 180°
Asse 3 : Asse Z nel s.r.l., ortogonale al piano 12, in modo da formare una terna destra con gli assi 1 e 2

Le tensioni di lastra (S) sono costanti lungo lo spessore. Le tensioni di piastra (M) variano linearmente lungo lo spessore, annullandosi in corrispondenza del piano medio (diagramma emisimmetrico o “a farfalla”). I valori del tensore degli sforzi sono riferiti alla faccia positiva (superiore nel s.r.l.) di normale 3 (esempio: X_{ij} tensione X agente sulla faccia di normale i e diretta lungo j).

Le altre grandezze descritte di seguito si riferiscono a ciascun nodo dell'elemento bidimensionale:

Shell Nro : numero dell'elemento bidimensionale
nodo N.ro : numero del nodo dell'elemento bidimensionale a cui sono riferite le tensioni S di lastra e M piastra
S11 : tensione normale di lastra
S22 : tensione normale di lastra

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	58

S12	<i>tensione tangenziale di lastra (S12 = S21)</i>
M11	<i>tensione normale di piastra sulla faccia positiva</i>
M22	<i>tensione normale di piastra sulla faccia positiva</i>
M12	<i>tensione tangenziale di piastra sulla faccia positiva</i>

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa della verifica degli elementi bidimensionali allo stato limite ultimo.

- Quota N.ro : Quota a cui si trova l'elemento.
 - Perim. N.ro: Numero identificativo del macroelemento il cui perimetro è stato definito prima di eseguire la verifica.
 - Nodo 3d N.ro: Numero del nodo relativo alla suddivisione del macroelemento in microelementi.
 - Nx : Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse x del sistema locale. (Il sistema di riferimento locale è quello delle armature)
 - Ny : Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse y del sistema locale.
 - Txy: Sforzo tagliante sul piano dell'elemento con direzione y e agente sulla faccia di normale x del sistema locale. (Ovvero anche, per la simmetria delle tensioni tangenziali, sforzo tagliante sul piano dell'elemento con direzione x e agente sulla faccia di normale y del sistema locale)
 - Mx: Momento flettente agente sulla sezione di normale x del sistema locale. Per le verifiche è accoppiato allo sforzo normale Nx. Questo momento è incrementato per tenere in conto il valore del momento torcente Mxy
 - My: Momento flettente agente sulla sezione di normale y del sistema locale. Per le verifiche è accoppiato allo sforzo normale Ny. Questo momento è incrementato per tenere in conto il valore del momento torcente Mxy
 - Mxy: Momento torcente con asse vettore x e agente sulla sezione di normale x. (Ovvero anche, per la simmetria delle tensioni tangenziali momento torcente con asse vettore y e agente sulla sezione di normale y
 - $\epsilon_c \cdot 10000$: Deformazione del calcestruzzo nella faccia di normale x $\cdot 10000$ (Es. $.35\% = 35$)
-

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	59

- $\epsilon y * 10000$: Deformazione del calcestruzzo nella faccia di normale $y * 10000$ (Es. $.35\% = 35$)
- $\epsilon f x * 10000$: Deformazione dell' acciaio nella faccia di normale $x * 10000$ (Es. $1\% = 100$)
- $\epsilon f y * 10000$: Deformazione dell' acciaio nella faccia di normale $x * 10000$ (Es. $1\% = 100$)
- A_x superiore: Area totale armatura superiore diretta lungo x . (Area totale è l'area della pressoflessione più l'area per il taglio riportata dopo)
- A_y superiore: Area totale armatura superiore diretta lungo y .
- A_x inferiore: Area totale armatura inferiore diretta lungo x .
- A_y inferiore: Area totale armatura inferiore diretta lungo y .
- A_{tag} : Area per il taglio su ciascuna faccia per le due direzioni
- σ : Tensione massima di contatto con il terreno.
- E_{ta} : Abbassamento verticale del nodo in esame.
- F_{punz} : Forza punzonante sulla piastra
- A_{punz} : Armatura sufficiente da sola ad assorbire la forza punzonante

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa delle verifiche agli stati limite di esercizio degli elementi bidimensionali.

- Quota: Quota a cui si trova l'elemento.
- Perim. :Numero identificativo del macroelemento il cui perimetro è stato definito prima di eseguire la verifica.
- Nodo: Numero del nodo relativo alla suddivisione del macroelemento in microelementi.
- Comb.: Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga.
- Cari: individua la matrice delle combinazioni rare, la seconda la matrice delle combinazioni frequenti, la terza quella permanenti.
- Fes lim: Fessura limite espressa in mm.
- Fess.: Fessura di calcolo espressa in mm; se sull'elemento non si aprono fessure tutta la riga sarà nulla.
- Dist mm: Distanza fra le fessure.
- Combin: Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima fessura.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	60

- $M_f X$: Momento flettente agente sulla sezione di normale x del sistema locale.(Il sistema di riferimento locale è quello delle armature)
 - $N X$: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse x del sistema locale.
 - $M_f Y$: Momento flettente agente sulla sezione di normale y del sistema locale.(Il sistema di riferimento locale è quello delle armature)
 - $N Y$: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse y del sistema locale.
 - $\cos teta$: Coseno dell'angolo teta tra l'armatura in direzione X e la direzione della tensione principale di trazione.
 - $\sin teta$: Seno dell'angolo teta.
 - $Combina$: Indicatore della matrice di combinazione; la prima riga.
 - $Carico$: individua la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sul cls, la seconda la matrice delle combinazioni rare per la verifica della tensione sull'acciaio, la terza la matrice delle combinazioni permanenti per la verifica della tensione sul cls.
 - σ_{lim} : Valore della tensione limite in Kg/cmq.
 - σ_{cal} : Valore della tensione di calcolo in Kg/cmq sulla faccia di normale x.
 - $Conbin$: Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima tensione.
 - $M_f X$: Momento flettente agente sulla sezione di normale x del sistema locale.(Il sistema di riferimento locale è quello delle armature)
 - $N X$: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse x del sistema locale.
 - σ_{cal} : Valore della tensione di calcolo in Kg/cmq sulla faccia di normale y.
 - $Conbin$: Numero della combinazione ed in sequenza sollecitazioni per cui si è avuta la massima tensione.
 - $M_f Y$: Momento flettente agente sulla sezione di normale y del sistema locale.
 - $N Y$: Sforzo sul piano dell'elemento bidimensionale diretto come l'asse y del sistema locale.
-



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

TITOLO ELABORATO

PAGINA

PD-A.07

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

61

10.9. PIASTRA DI FONDAZIONE CABINE

10.9.1 TABULATO DI INPUT

ARCHIVIO MATERIALI PIASTRE: MATRICE ELASTICA

Materiale N.ro	Densita' kg/mc	Ex*1E3 kg/cm ²	Ni.x	Alfa.x (*1E5)	Ey*1E3 kg/cm ²	Ni.y	Alfa.y (*1E5)	E11*1E3 kg/cm ²	E12*1E3 kg/cm ²	E13*1E3 kg/cm ²	E22*1E3 kg/cm ²	E23*1E3 kg/cm ²	E33*1E3 kg/cm ²
1	2500	285	0.20	0.00	285	0.20	0.00	296	59	0	296	0	119

ARCHIVIO TIPOLOGIE DI CARICO

Car. N.ro	Peso Strut kg/mq	Perman. NONstru kg/mq	Varia bile kg/mq	Neve kg/mq	Destinaz. d'Uso	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Anal Car. N.ro	DESCRIZIONE SINTETICA DEL TIPO DI CARICO
2	0	2000	300	0	Categ. B	0.7	0.5	0.3		Carico su piastra

MATERIALI SHELL IN C.A.

IDENT	%	CARATTERISTICHE					DURABILITA'			COPRIFERRO	
Mat. N.ro	Rig Fis	Classe CLS	Classe Acciaio	Mod. E kg/cm ²	Pois-son	Gamma kg/mc	Tipo Ambiente	Tipo Armatura	Toll. Copr.	Setti (cm)	Piastre (cm)
1	100	C25/30	B450C	314758	0.20	2500	XC2/XC3	POCO SENS.	0.00	3.5	3.5

CRITERI DI PROGETTO GEOTECNICI - FONDAZIONI SUPERFICIALI E SU PALI

IDEN	CARATTER. MECCANICHE			IDEN	CARATTER. MECCANICHE			IDEN	CARATTER. MECCANICHE		
Crit N.ro	KwVert. kg/cm ²	KwOriz. kg/cm ²	Qlim. kg/cm ²	Crit N.ro	KwVert. kg/cm ²	KwOriz. kg/cm ²	Qlim. kg/cm ²	Crit N.ro	KwVert. kg/cm ²	KwOriz. kg/cm ²	Qlim. kg/cm ²
1	15.00	0.00	Trz/Cmp	2	10.00	0.00	Trz/Cmp				

DATI GENERALI DI STRUTTURA

DATI GENERALI DI STRUTTURA

Massima dimens. dir. X (m)	6.75	Altezza edificio (m)	0.00
Massima dimens. dir. Y (m)	3.50	Differenza temperatura(°C)	15

PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	II Cu=1.0
Longitudine Est (Grd)	12.92090	Latitudine Nord (Grd)	38.02427
Categoria Suolo	B	Coeff. Condiz. Topogr.	1.00000
Sistema Costruttivo Dir.1	C.A.	Sistema Costruttivo Dir.2	C.A.
Regolarita' in Altezza	NO(KR=.8)	Regolarita' in Pianta	NO
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0.00000

PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.O.

Probabilita' Pvr	0.81	Periodo di Ritorno Anni	30.00
Accelerazione Ag/g	0.03	Periodo T'c (sec.)	0.20
Fo	2.37	Fv	0.54
Fattore Stratigrafia'Ss'	1.20	Periodo TB (sec.)	0.10
Periodo TC (sec.)	0.30	Periodo TD (sec.)	1.71

PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.

Probabilita' Pvr	0.63	Periodo di Ritorno Anni	50.00
Accelerazione Ag/g	0.04	Periodo T'c (sec.)	0.22
Fo	2.41	Fv	0.63
Fattore Stratigrafia'Ss'	1.20	Periodo TB (sec.)	0.11
Periodo TC (sec.)	0.33	Periodo TD (sec.)	1.75

PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.

Probabilita' Pvr	0.10	Periodo di Ritorno Anni	475.00
Accelerazione Ag/g	0.10	Periodo T'c (sec.)	0.31
Fo	2.44	Fv	1.05
Fattore Stratigrafia'Ss'	1.20	Periodo TB (sec.)	0.14
Periodo TC (sec.)	0.43	Periodo TD (sec.)	2.01

PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO C.A. - DIR. 1



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

TITOLO ELABORATO

PAGINA

PD-A.07

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

62

Classe Duttilita' AlfaU/Alfa1 Fattore di comportam 'q'	MEDIA 1.15 2.76	Sotto-Sistema Strutturale Fattore riduttivo KW	Telaio 1.00
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO C.A. - DIR. 2			
Classe Duttilita' AlfaU/Alfa1 Fattore di comportam 'q'	MEDIA 1.15 2.76	Sotto-Sistema Strutturale Fattore riduttivo KW	Telaio 1.00
COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI			
Acciaio per CLS armato Legno per comb. eccez. Livello conoscenza	1.15 1.00 NUOVA COSTRUZIONE	Calcestruzzo CLS armato Legno per comb. fondam.:	1.50 1.30
FRP Collasso Tipo 'A' FRP Collasso Tipo 'B' FRP Resist. Press/Fless FRP Resist. Confinamento	1.10 1.25 1.00 1.10	FRP Delaminazione Tipo 'A' FRP Delaminazione Tipo 'B' FRP Resist. Taglio/Torsione	1.20 1.50 1.20

COORDINATE E TIPOLOGIA FILI FISSI

Filo N.ro	Ascissa m	Ordinata m	Filo N.ro	Ascissa m	Ordinata m
1	0.00	0.00	2	6.75	0.00
3	6.75	3.50	4	0.00	3.50
5	2.00	0.00	6	2.00	3.50
7	4.00	0.00	8	4.00	3.50
9	5.75	0.00	10	5.75	3.50
11	6.75	2.40	12	6.75	0.90
14	0.00	2.40	15	2.00	2.40
16	4.00	2.40	17	5.75	2.40
20	0.00	0.90	21	2.00	0.90
22	4.00	0.90	23	5.75	0.90

GEOMETRIA PIASTRE ALLA QUOTA 0 m

Piastra N.ro	Filo 1	Filo 2	Filo 3	Filo 4	Tipo Car.	Quota Filo1	Quota Filo2	Quota Filo3	Quota Filo4	Tipo Sez.	Spess. cm	Kwinkl. kg/cmc	Tipo Mat.
1	6	4	14	15	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
2	3	10	17	11	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
3	6	15	16	8	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
4	8	16	17	10	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
5	11	17	23	12	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
6	12	23	9	2	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
7	15	21	22	16	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
8	16	22	23	17	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
11	21	5	7	22	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
12	22	7	9	23	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
14	14	20	21	15	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1
15	20	1	5	21	2	0	0	0	0	1	40.0	10.0	1

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1.30
Perm.Non Strutturale	1.50
Var.Uffici	1.50

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00
Var.Uffici	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00
Var.Uffici	0.50



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località
Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

TITOLO ELABORATO

PAGINA

PD-A.07

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

63

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00
Var.Uffici	0.30



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

PD-A.07

TITOLO ELABORATO

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

PAGINA

64

10.9.2 TABULATO DI OUTPUT

TENS. PESO PROPRIO: SHELL														
Shell N.ro	Nodo N.ro	S11 kg/cmq	S22 kg/cmq	S12 kg/cmq	M11 kg/cmq	M22 kg/cmq	M12 kg/cmq	Nodo N.ro	S11 kg/cmq	S22 kg/cmq	S12 kg/cmq	M11 kg/cmq	M22 kg/cmq	M12 kg/cmq
1	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENS. SOVRACCARICO PERMAN.: SHELL														
Shell N.ro	Nodo N.ro	S11 kg/cmq	S22 kg/cmq	S12 kg/cmq	M11 kg/cmq	M22 kg/cmq	M12 kg/cmq	Nodo N.ro	S11 kg/cmq	S22 kg/cmq	S12 kg/cmq	M11 kg/cmq	M22 kg/cmq	M12 kg/cmq
1	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

PD-A.07

TITOLO ELABORATO

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

PAGINA

65

TENS. SOVRACCARICO PERMAN.: SHELL

Shell Nro	Nodo N.ro	S11 kg/cmq	S22 kg/cmq	S12 kg/cmq	M11 kg/cmq	M22 kg/cmq	M12 kg/cmq	Nodo N.ro	S11 kg/cmq	S22 kg/cmq	S12 kg/cmq	M11 kg/cmq	M22 kg/cmq	M12 kg/cmq
13	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENS. Var.Uffici: SHELL

Shell Nro	Nodo N.ro	S11 kg/cmq	S22 kg/cmq	S12 kg/cmq	M11 kg/cmq	M22 kg/cmq	M12 kg/cmq	Nodo N.ro	S11 kg/cmq	S22 kg/cmq	S12 kg/cmq	M11 kg/cmq	M22 kg/cmq	M12 kg/cmq
1	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

TITOLO ELABORATO

PAGINA

PD-A.07

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

66

TENS. Var.Uffici: SHELL

Shell N.ro	Nodo N.ro	S11 kg/cmq	S22 kg/cmq	S12 kg/cmq	M11 kg/cmq	M22 kg/cmq	M12 kg/cmq	Nodo N.ro	S11 kg/cmq	S22 kg/cmq	S12 kg/cmq	M11 kg/cmq	M22 kg/cmq	M12 kg/cmq
	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

S.L.U. - AZIONI S.L.V. - VERIFICA PIASTRE - QUOTA: 0 ELEMENTO: 1

Quo N.r	P. Nr	Nod3d N.ro	Nx Kg/m	Ny Kg/m	Txy Kg/m	Mx kgm/m	My kgm/m	Mxy kgm/m	sc x *10000	sc y *10000	sf x *10000	sf y *10000	Ax s cmq/m	Ay s cmq/m	Ax i cmq/m	Ay i cmq/m	Atag	σt kg/cmq	eta mm	Fpunz. kg	FpnzLi kg	Apunz cmq
0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	0.3	-0.3		
0	1	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	0.3	-0.3		
0	1	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	0.3	-0.3		
0	1	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	0.3	-0.3		
0	1	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	0.3	-0.3		
0	1	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	0.3	-0.3		
0	1	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	0.3	-0.3		
0	1	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	0.3	-0.3		
0	1	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	0.3	-0.3		

S.L.E. - VERIFICA FESSURAZIONE/VERIFICA PUNZONAMENTO PIASTRE - QUOTA: 0 ELEMENTO: 1

Quo N.r	Per N.r	Nodo N.ro	Comb. Cari	FESSURAZIONI										TENSIONI		DIREZIONE X			DIREZIONE Y								
				Fes lim	Fess mm	dis mm	Co mb	MfX (t*m)	NX (t)	MfY (t*m)	NY (t)	cos teta	sin teta	Comb. Carico Kg/cmq	σ lim. Kg/cmq	σ cal. Kg/cmq	Co mb	Mf (t*m)	N (t)	σ cal. Kg/cmq	Co mb	Mf (t*m)	N (t)				
0	1	2	Rara													RaraClis	150.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	
			Freq	0.4	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	RaraFer	3600	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Perm	0.3	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	PermClis	112.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0	1	33	Rara												RaraClis	150.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
			Freq	0.4	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	RaraFer	3600	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Perm	0.3	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	PermClis	112.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0	1	34	Rara											RaraClis	150.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Freq	0.4	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	RaraFer	3600	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Perm	0.3	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	PermClis	112.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0	1	35	Rara											RaraClis	150.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Freq	0.4	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	RaraFer	3600	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Perm	0.3	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	PermClis	112.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0	1	36	Rara											RaraClis	150.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Freq	0.4	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	RaraFer	3600	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Perm	0.3	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	PermClis	112.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0	1	37	Rara											RaraClis	150.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Freq	0.4	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	RaraFer	3600	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Perm	0.3	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	PermClis	112.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0	1	38	Rara											RaraClis	150.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Freq	0.4	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	RaraFer	3600	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Perm	0.3	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	PermClis	112.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0	1	39	Rara											RaraClis	150.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Freq	0.4	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	RaraFer	3600	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Perm	0.3	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	PermClis	112.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
0	1	40	Rara											RaraClis	150.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Freq	0.4	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	RaraFer	3600	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
			Perm	0.3	0.00	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	PermClis	112.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	67

11. FONDAZIONI DI TIPO INDIRETTO: VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI TIPO GEOTECNICO

11.1. PREMESSA

Nel presente capitolo vengono riportate le teorie di calcolo e i risultati delle verifiche geotecniche della fondazione di tipo indiretto delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici.

Come già detto nel precedente Capitolo 3, le strutture di sostegno saranno di tre tipologie in funzione del numero di moduli posti al di sopra e presenteranno un numero variabile di campate a seconda del numero di moduli, secondo lo schema seguente:

- 26 moduli L = 30,178 m – Campate n° 4 – Lunghezza massima campata = 6,60 m;
- 52 moduli L = 59,718 m – Campate n° 10 – Lunghezza massima campata = 5,60 m;
- 78 moduli L = 89,342 m – Campate n° 14 – Lunghezza massima campata = 6,10 m.

A parità di carichi applicati alla struttura, la situazione più gravosa (nei riguardi delle sollecitazioni in testa alle opere di fondazione) si verifica laddove massima risulta essere la campata e, quindi, per la struttura su cui sono alloggiati 26 moduli.

Per tale motivo, a vantaggio di sicurezza, nel proseguo si effettuerà la verifica in tale condizione.

Le verifiche geotecniche saranno, inoltre, differenziate per l'Area Nord e l'area Sud.

11.2. GENERALITÀ

Secondo quanto stabilito al punto 6.4.3, nei confronti delle fondazioni di tipo indiretto devono essere condotte le seguenti verifiche:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - collasso per carico limite della palificata nei confronti di carichi assiali;
 - collasso per carico limite della palificata nei confronti di carichi trasversali;
 - collasso per carico limite di sfilamento nei confronti di carichi assiali di trazione.

Tali verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I (coefficienti moltiplicativi per le azioni), 6.2.II (coefficienti moltiplicativi per i parametri geotecnici) e 6.4.I (coefficienti divisori della resistenza), seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	68

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

La combinazione 1 è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Approccio 2:

- Un'unica combinazione (A1+M1+R3).

Nel presente progetto è stato seguito l'Approccio 2.

Per le verifiche agli SLU di tipo strutturale si rimanda alla relazione di calcolo strutturale.

Dai calcoli della struttura in elevazione si sono dedotte le sollecitazioni impresse in testa ad ogni singolo micropalo nelle diverse condizioni di carico.

Dai tabulati di calcolo si evince, inoltre, che i micropali non saranno soggetti a carichi assiali di trazione: per tale motivo non sono state condotte le relative verifiche di stabilità agli SLU.

Inoltre, risultano anche molto piccole le sollecitazioni di taglio: per tale motivo non sono state condotte le relative verifiche di stabilità agli SLU.

11.3. CARICO LIMITE DEI PALI AD ELICA SOGGETTI A COMPRESSIONE

I pali ad elica utilizzano le proprietà della vite per creare un forte contrasto sia alle azioni esterne di compressione che di trazione. Sono costituiti da un fusto tubolare cilindrico in acciaio ad alta resistenza, armato con viti elicoidali e dotati di punta di perforazione.

L'avanzamento nel terreno alla profondità desiderata avviene attraverso un processo di "avvitatura". Contemporaneamente alla rotazione, viene applicata sulla testa del palo un'azione di compressione.

Il calcolo della capacità portante dei pali ad elica segue la trattazione teorica del carico limite di una fondazione superficiale, secondo la formulazione proposta dal Terzaghi:

$$q_{ult} = c'N_c + \gamma'DN_q + 0,5\gamma'BN_\gamma$$

dove:

- c' è la coesione efficace;
- γ' è il peso dell'unità di volume efficace;
- D è la profondità della singola elica rispetto al piano di campagna;
- B è il diametro dell'elica;

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	69

- N_c , N_q ed N_γ sono i fattori di capacità portante che dipendono dalla coesione, dal peso dell'unità del volume e dalla tensione verticale.

In termini di tensioni efficaci, si trascura il termine c' N_c e la relazione diviene:

$$Q_H = A_H(\sigma'_{v0}N_q + 0,5\gamma'BN_\gamma)$$

dove:

- $\sigma'_{v,0}$ è la tensione efficace verticale alla profondità D;
- A_h è l'area effettiva del piatto dell'elica

A vantaggio di sicurezza verrà trascurato anche il termine $0,5\gamma'BN_\gamma$.

Il fattore N_q viene calcolato con la relazione di Fang e Winterkorn

$$N_q = 0.5 * (12 * \varphi')^{(\varphi'/54)}$$

La capacità portante di un sistema multielica, in trazione o compressione, dipende dalla geometria del palo, dal numero di eliche e dalla loro spaziatura e sarà data dalla somma della capacità portante delle singole eliche.

Nel caso in esame si considera un palo ad elica avente le seguenti caratteristiche geometriche:

Diametro palo	76 mm
Spessore palo	5.5 mm
Diametro interno	65 mm
Diametro elica	300 mm
Intervallo eliche	500 mm

Come già detto in precedenza, non sono oggetto di calcolo e di verifica le strutture di sostegno, i cui calcoli e dettagli costruttivi saranno forniti dalla ditta fornitrice dei pannelli fotovoltaici.

Tuttavia, dal dimensionamento di massima delle strutture si determinano le sollecitazioni agenti in testa ai pali di fondazione, in numero pari a 5, e riportate nella tabella seguente:



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

TITOLO ELABORATO

PAGINA

PD-A.07

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

70

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.

VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																				
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	VxplRd Kg	VyplRd Kg	T Rd kg*m	fy rid Kg/cmq	Rap %		
Sez.N.	71	20	1.37	10	-1403	212	-2403	-3255	-510	-21	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	55		
		qn=	0	10	-1442	-150	-91	-3255	-510	-21	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	4		
Asta:	19	20	0.00	10	-1478	-487	2056	-3255	-510	-21	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	50		
Instab.:l=		137.0	β*l=	95.9	-1478	207	961	cl= 1 ε=	1.00	lmd=	19	Rpf=	24	Rft=	6	Wmax/rel/lim=	1.4	0.2	5.5	mm
Sez.N.	71	30	1.37	11	75	0	0	0	0	0	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	0		
		qn=	0	11	36	0	0	0	0	0	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	0		
Asta:	20	30	0.00	19	0	0	0	0	0	0	120479	8698	2989	33867	14440	192	2238	0		
Instab.:l=		137.0	β*l=	95.9	0	0	0	cl= 1 ε=	1.00	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	366.1	0.0	5.5	mm
Sez.N.	71	42	1.37	11	75	0	0	0	0	0	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	0		
		qn=	0	11	36	0	0	0	0	0	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	0		
Asta:	21	42	0.00	19	0	0	0	0	0	0	120479	8698	2989	33867	14440	192	2238	0		
Instab.:l=		137.0	β*l=	95.9	0	0	0	cl= 1 ε=	1.00	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	895.5	0.0	5.5	mm
Sez.N.	71	23	1.37	10	2941	28	-8217	-9605	933	-18	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	180		
		qn=	0	10	2902	690	-1394	-9605	933	-18	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	38		
Asta:	22	23	0.00	10	2866	1306	4942	-9605	933	-18	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	122		
Instab.:l=		137.0	β*l=	95.9	2866	1306	8217	cl= 1 ε=	1.00	lmd=	19	Rpf=	34	Rft=	194	Wmax/rel/lim=	2.2	1.2	5.5	mm
Sez.N.	71	25	1.37	10	-2665	-223	12369	12860	2670	-32	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	273		
		qn=	0	10	-2704	1673	3234	12860	2670	-32	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	88		
Asta:	23	25	0.00	10	-2740	3434	-5249	12860	2670	-32	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	151		
Instab.:l=		137.0	β*l=	95.9	-2740	1971	5322	cl= 1 ε=	1.00	lmd=	19	Rpf=	145	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	2.3	2.3	5.5	mm

Il valore massimo della sollecitazione verticale N in testa al singolo palo è pari a 2866 kg, pari a circa 28,10 kN.

Data la natura del terreno le verifiche geotecniche verranno differenziate tra l'Area Nord e l'Area Sud.

Verifiche geotecniche Area Nord

Nella tabella seguente si riportano i valori di Q_H alle varie profondità:

h [m]	σ'_{v0} [kN/mq]	ϕ'	Portanza elica [kN]
0	0	21	0
0.5	5.35	21	1.622983
1	10.7	21	3.245966
1.5	16.05	21	4.868949
2	21.4	21	6.491932
2.5	26.75	21	8.114914
3	32.1	21	9.737897

Totale 34.08264 kN

Verifiche geotecniche Area Sud

Nella tabella seguente si riportano i valori di Q_H alle varie profondità:



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

TITOLO ELABORATO

PAGINA

PD-A.07

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

71

h [m]	σ'_{v0} [kN/mq]	ϕ'	Portanza elica [kN]
0	0	22	0
0.5	5.5	22	1.883754
1	11	22	3.767508
1.5	16.5	22	5.651263
2	22	22	7.535017
2.5	27.5	22	9.418771
3	46.5	26	26.08701

Totale 54.34333 kN

Poiché $Q_T > N$, la verifica si ritiene soddisfatta.

11.4. VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SOGGETTI A TRAZIONE

Nel caso di pali soggetti a trazione, dal dimensionamento di massima delle strutture si determinano le sollecitazioni agenti in testa ai pali di fondazione, in numero pari a 8, e riportate nella tabella seguente:

STAMPA PROGETTO S.L.U. - AZIONI S.L.V. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																		
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																		
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	VxplRd Kg	VyplRd Kg	T Rd kg*m	fy rid Kg/cmq	Rap %
Sez.N. 71	20	1.37	10	-1021	501	-4924	-6673	-1207	-44	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	113	
	qn=	0	10	-1060	-356	-184	-6673	-1207	-44	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	8	
Asta: 19	20	0.00	10	-1097	-1152	4218	-6673	-1207	-44	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	104	
Instab.:l=	137.0	$\beta^*l=$	95.9	-1097	491	1970		cl= 1	$\epsilon=$ 1.00	lmd= 19	Rpf= 51	Rft= 6	Wmax/rel/lim=	2.8	0.5	5.5	mm	
Sez.N. 71	30	1.37	11	75	0	0	0	0	0	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	0	
	qn=	0	11	36	0	0	0	0	0	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	0	
Asta: 20	30	0.00	19	0	0	0	0	0	0	120479	8698	2989	33867	14440	192	2238	0	
Instab.:l=	137.0	$\beta^*l=$	95.9	0	0	0		cl= 1	$\epsilon=$ 1.00	lmd= 0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	739.6	0.0	5.5	mm	
Sez.N. 71	42	1.37	11	75	0	0	0	0	0	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	0	
	qn=	0	11	36	0	0	0	0	0	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	0	
Asta: 21	42	0.00	19	0	0	0	0	0	0	120479	8698	2989	33867	14440	192	2238	0	
Instab.:l=	137.0	$\beta^*l=$	95.9	0	0	0		cl= 1	$\epsilon=$ 1.00	lmd= 0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	1808.8	0.0	5.5	mm	
Sez.N. 71	Sez.N. 1.37	10	1128	59	-16887	-19740	2205	-36	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	371		
	qn=	0	10	1089	1626	-2864	-19740	2205	-36	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	80	
Asta: 22	23	0.00	10	1053	3080	10156	-19740	2205	-36	120479	9612	4562	55282	23364	305	2238	255	
Instab.:l=	137.0	$\beta^*l=$	95.9	1053	3080	16887		cl= 1	$\epsilon=$ 1.00	lmd= 19	Rpf= 0	Rft= 402	Wmax/rel/lim=	4.5	2.5	5.5	mm	
Sez.N. 71	Sez.N. 1.37	10	-1432	-529	25405	26413	6262	-66	102225	7762	3871	55282	23364	305	1899	663		
	qn=	0	10	-1471	3920	6642	26413	6262	-66	102225	7759	3871	55282	23364	305	1899	222	
Asta: 23	25	0.00	10	-1507	8050	-10780	26413	6262	-66	102225	7755	3871	55282	23364	305	1899	382	
Instab.:l=	137.0	$\beta^*l=$	95.9	-1507	4619	10931		cl= 1	$\epsilon=$ 1.00	lmd= 19	Rpf= 304	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	5.1	4.7	5.5	mm	

Il valore massimo della sollecitazione verticale di trazione T in testa al singolo palo è pari a 1507 kg, pari a circa 14,77 kN.

Poiché $Q_T > T$, la verifica si ritiene soddisfatta.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	72

12. FONDAZIONI DI TIPO DIRETTO: VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI TIPO GEOTECNICO

Il presente capitolo ha lo scopo di descrivere le verifiche geotecniche del complesso terreno-fondazioni delle seguenti strutture in c.a.:

- Piastra di fondazione delle cabine.

12.1. VERIFICHE GEOTECNICHE DELLE FONDAZIONI DIRETTE

La resistenza offerta dal terreno nei confronti dei carichi trasmessi da una sovrastruttura dipende da una serie di fattori sia interni, facenti parte cioè della natura costitutiva del terreno, che esterni, quali ad esempio le caratteristiche geometriche della fondazione, il livello della falda idrica e le condizioni di stress al contorno.

Nella sostanza il modello reologico del terreno di fondazione influenza in maniera determinante il suo comportamento sotto carico statico e/o dinamico.

Nella pratica geotecnica, così come nel presente studio, si adotta l'ipotesi di comportamento rigido-plastico; si assume cioè che prima della rottura, il terreno non subisca alcuna deformazione apprezzabile, deformazione che si manifesta contemporaneamente lungo tutti i punti della superficie di scivolamento lì dove gli sforzi di taglio mobilitati raggiungono il valore massimo (resistenza a taglio disponibile). Si fa quindi riferimento alla condizione di rottura generale.

La verifica della capacità portante consiste nel confronto tra la pressione verticale di esercizio in fondazione e la pressione limite per il terreno.

Le verifiche sono state condotte secondo la teoria di Brinch-Hansen:

$$q_{lim} = q N_q Y_q i_q d_q b_q g_q s_q + c N_c Y_c i_c d_c b_c g_c s_c + \frac{1}{2} G B' N_g Y_g i_g b_g s_g$$

dove:

Caratteristiche geometriche della fondazione:

q = carico sul piano di fondazione

B = lato minore della fondazione

L = lato maggiore della fondazione

D = profondità della fondazione

α = inclinazione base della fondazione

G = peso specifico del terreno

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	73

$B' =$ larghezza di fondazione ridotta = $B - 2 e_B$

$L' =$ lunghezza di fondazione ridotta = $L - 2 e_L$

Caratteristiche di carico sulla fondazione:

$H =$ risultante delle forze orizzontali

$N =$ risultante delle forze verticali

$e_B =$ eccentricità del carico verticale lungo B

$e_L =$ eccentricità del carico verticale lungo L

$F_{hB} =$ forza orizzontale lungo B

$F_{hL} =$ forza orizzontale lungo L

Caratteristiche del terreno di fondazione:

$\beta =$ inclinazione terreno a valle

$c = C_u =$ coesione non drenata (condizioni non drenate)

$c = c' =$ coesione drenata (condizioni drenate)

$\Gamma =$ peso specifico apparente (condizioni non drenate)

$\Gamma = \Gamma' =$ peso specifico sommerso (condizioni drenate)

$\phi = 0 =$ angolo di attrito interno (condizioni non drenate)

$\phi = \phi' =$ angolo di attrito interno (condizioni drenate)

Fattori di capacità portante:

$$N_q = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \exp(\pi + \tan \phi) \quad (\text{Prandtl-Cauchot-Meyerhoff})$$

$$N_g = 2(N_q + 1) \tan \phi \quad (\text{Vesic})$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi'} \quad \text{in condizioni drenate} \quad (\text{Reissner-Meyerhoff})$$

$$N_c = 5,14 \quad \text{in condizioni non drenate}$$

Indici di rigidezza (condizioni drenate):

$$I_r = \frac{G}{c' + q' \tan \phi'} \quad \text{indice di rigidezza}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad \text{modulo elastico tangenziale}$$

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	74

E = modulo elastico normale

μ = coefficiente di Poisson

$$I_{cr} = \frac{1}{2} \exp \left[\frac{3,3 - 0,45 \frac{B}{L}}{\operatorname{tg} \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)} \right] \quad \text{indice di rigidità critico}$$

Coefficienti di punzonamento (Vesic):

$$Yq = Yg = \exp \left[\left(0,6 \frac{B}{L} - 4,4 \right) \tan \phi' + \frac{3,07 \sin \phi' \log(2Ir)}{1 + \sin \phi'} \right] \quad \text{in condizioni drenate, per } Ir \leq I_{cr}$$

$$Yc = Yq - \frac{1 - Yq}{Nq \times \tan \phi'}$$

Coefficienti di inclinazione del carico (Vesic):

$$ig = \left(\frac{1 - H}{N + B \times L \times c' \times \cot \operatorname{ang} \phi'} \right)^{m+1}$$

$$iq = \left(\frac{1 - H}{N + B \times L \times c' \times \cot \phi'} \right)^m$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c * \operatorname{tg} \phi'} \quad \text{in condizioni drenate}$$

$$ic = 1 - \frac{m \times H}{B \times L \times cu \times Nc} \quad \text{in condizioni non drenate}$$

essendo:

$$m = mB \cos^2 \Theta + mL \sin^2 \Theta$$

$$mB = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} \quad mL = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}} \quad \Theta = \tan^{-1} \frac{Fh \times B}{Fh \times L}$$

Coefficienti di affondamento del piano di posa (Brinch-Hansen):

$$dq = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \operatorname{arctg} \frac{D}{B'} \quad \text{per } D > B'$$

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	75

$$dq = 1 + 2 \frac{D}{B'} \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \quad \text{per } D \leq B'$$

$$dc = dq - \frac{1 - dq}{Nc \times \tan \phi} \quad \text{in condizioni drenate}$$

$$dc = 1 + 0,4 \operatorname{arc} \tan \frac{D}{B'} \quad \text{per } D > B' \text{ in condizioni non drenate}$$

$$dc = 1 + 0,4 \frac{D}{B'} \quad \text{per } D \leq B' \text{ in condizioni non drenate}$$

Coefficienti di inclinazione del piano di posa:

$$bg = \exp(-2,7\alpha \tan \phi)$$

$$b_c = b_q = \exp(-2\alpha \tan \phi) \quad \text{in condizioni drenate}$$

$$b_c = 1 - \frac{\alpha}{147} \quad \text{in condizioni non drenate}$$

$$b_q = 1 \quad \text{in condizioni non drenate}$$

Coefficienti di inclinazione del terreno di fondazione:

$$gc = gq = \sqrt{1 - 0,5 \tan \beta} \quad \text{in condizioni drenate}$$

$$gc = 1 - \frac{\beta}{147} \quad \text{in condizioni non drenate}$$

$$gq = 1 \quad \text{in condizioni non drenate}$$

Coefficienti di forma (De Beer):

$$sg = 1 - 0,4 \frac{B'}{L'}$$

$$sq = 1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi$$

$$sc = 1 + \frac{B' Nq}{L' Nc}$$

Secondo quanto stabilito al punto 6.4.2.1 del D.M. 17/01/2018, per le opere di fondazione diretta devono essere condotte le verifiche nei confronti dei seguenti stati limite ultimi:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	76

- collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa;
- stabilità globale.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali.

La rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

- Un'unica combinazione (A1+M1+R3).

Come si evince dai tabulati di calcolo allegati, **tutte le verifiche di portanza sono verificate.**



SMARTENERGYT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 1,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)

DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

PD-A.07

TITOLO ELABORATO

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

PAGINA

77

12.2. VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONE PIASTRA

VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONE PIASTRA AREA NORD

TERRENO				ATTENZIONE	
$\beta 1$	=	0	°	inclinazione fondazione	$\beta 1 + \beta 2$
$\beta 2$	=	0	°	inclinazione piano campagna	< 45°
$\gamma 1$	=	17.50	kN/mc	peso terreno sopra il piano della fondazione	
γ	=	17.50	kN/mc	peso terreno sotto il piano della fondazione	
c	=	2.94	kN/mq	coesione c'	
φ	=	21	°	attrito interno terreno sottostante la fondazione	φ'
Zw	=	0.00	m	profondità falda	

GEOMETRIA FONDAZIONE		FONDAZIONE RIDOTTA			
B	=	675	cm	lato fondazione	eb=
L	=	350	cm	lunghezza fondazione	el=
D	=	70	cm	profondità di posa	0.00 m ---> B'= 6.75 m
					0.00 m ---> L'= 3.50 m

AZIONI		Gk	Qk	Tipo APPROCCIO
N	=	921.38	kN	A1+M1+R3
Mb	=	0.00	kNm	
MI	=	0.00	kNm	
Tb	=	0.00	kN	
TI	=	0.00	kN	
Ht	=	0.00	kN	

CARICO LIMITE

PRESSIONE AGENTE

FS



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località
Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 1,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)

DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
PD-A.07	Relazione e calcoli preliminari delle strutture	78

$q_{lim} = 240.26 \text{ kN/mq}$ $q = 39.00 \text{ kN/mq}$

6.16

OK verificato

FATTORE DI SICUREZZA ALLO SCORRIMENTO: S_d / H_d

scorrimento assente

OK verificato



SMARTENERGYT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 1,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)

DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

PD-A.07

TITOLO ELABORATO

Relazione e calcoli preliminari delle strutture

PAGINA

79

VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONE PIASTRA AREA SUD

TERRENO	
β_1	= 0 °
β_2	= 0 °
γ_1	= 18.40 kN/mc
γ	= 18.40 kN/mc
c	= 5.88 kN/mq
φ	= 22 °
Zw	= 0.00 m

ATTENZIONE
 $\beta_1 + \beta_2 < 45^\circ$

° inclinazione fondazione
° inclinazione piano campagna
kN/mc peso terreno sopra il piano della fondazione
kN/mc peso terreno sotto il piano della fondazione
kN/mq coesione c'
° attrito interno terreno sottostante la fondazione φ'
m profondità falda

GEOMETRIA FONDAZIONE	
B	= 675 cm
L	= 350 cm
D	= 70 cm

FONDAZIONE RIDOTTA
eb= 0.00 m ---> B'= 6.75 m
el= 0.00 m ---> L'= 3.50 m

AZIONI			
	Gk	Qk	Tipo APPROCCIO
N	= 921.38 kN	0.00	A1+M1+R3
Mb	= 0.00 kNm	0.00	
MI	= 0.00 kNm	0.00	
Tb	= 0.00 kN	0.00	
TI	= 0.00 kN	0.00	
Ht	= 0.00 kN	0.00	

CARICO LIMITE	
q_{lim}	= 380.71 kN/mq

PRESSIONE AGENTE
q= 39.00 kN/mq

FATTORE DI SICUREZZA ALLO SCORRIMENTO: S_d / H_d

FS	9.76	OK verificato
scorrimento assente		OK verificato